รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การยืดอายุการเก็บสาหร่ายพวงองุ่นพร้อมบริโภค โดยการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบที่บริโภคได้

Shelf Life Extension of Ready to Eat Green Caviar (*Caulerpa lentillifera*) using Edible Film Coating

นางสาววิชมณี ยืนยงพุทธกาล หัวหน้าโครงการวิจัย

นางสุวรรณา วรสิงห์ ผู้ร่วมวิจัย

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้

จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2559A10802061
สัญญาเลขที่ 102/2559

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การยืดอายุการเก็บสาหร่ายพวงองุ่นพร้อมบริโภค โดยการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบที่บริโภคได้

Shelf Life Extension of Ready to Eat Green Caviar (*Caulerpa lentillifera*) using Edible Film Coating

นางสาววิชมณี ยืนยงพุทธกาล[1] หัวหน้าโครงการวิจัย
นางสุวรรณา วรสิงห์[2] ผู้ร่วมวิจัย

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[2]กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง

กันยายน 2560

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 102/2559 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัย ได้แก่ นางสาวมนฤดี จันทร์แสงกุล และนางสาวปภัสรา ถิระวิทยากุล ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการทำงานวิจัย รวมถึงขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ และนิสิตภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร รวมถึงผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีความมุ่งหมายยืดอายุการเก็บสาหร่ายพวงองุ่นพร้อมบริโภคโดยการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบที่บริโภคได้ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า การใช้สารเคลือบไคโตซานและว่านหางจระเข้ให้ผลดีต่อการยืดอายุการเก็บสาหร่ายพวงองุ่นพร้อมบริโภคได้ แต่การใช้ว่านหางจระเข้มีแนวโน้มให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่า จากการศึกษาผลของการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริก (0.5 และ 1.0%) ในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ต่อคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บ พบว่า สิ่งทดลองกลุ่มที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยการเคลือบเจลว่านหางจระเข้เพียงอย่างเดียว มีค่าสี L* และ b* เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ($p<0.05$) ได้รับคะแนนการยอมรับด้านความสดสูงที่สุดในด้านลักษณะปรากฏและความสดโดยรวม และทุกสิ่งทดลองที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราผ่านเกณฑ์ด้านความปลอดภัยสำหรับการบริโภคตลอดการเก็บรักษา 15 วัน การเตรียมขั้นต้นด้วยการเคลือบเจลว่านหางจระเข้ที่ใช้กรดซิตริก 0.5% มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* และ b* ค่าการสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณกรดทั้งหมด น้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บ จากการศึกษาผลของเวลาการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ (0 1 3 และ 5 นาที) ต่อคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา พบว่าเมื่อระยะเวลาการสุญญากาศเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าสี L* และ b* ค่าความแน่นเนื้อ และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง ($p<0.05$) แต่ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) และทุกสิ่งทดลองมีค่าสี a* ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณคลอโรฟิลล์ และคะแนนการยอมรับความสดโดยรวมมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p\geq0.05$) และสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการเคลือบภายใต้สภาวะสุญญากาศ 5 นาที มีค่าความแน่นเนื้อต่ำที่สุด แต่มีค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมีค่าสูงที่สุด

Abstract

This research aimed to extend ready to eat green caviar (*Caulerpa lentillifera*) shelf life using edible film coating. From the preliminary study, the results reveal that using chitosan and aloe vera gel coating seems to give an advantage effect of enhancing the shelf life of ready to eat green caviar. However, aloe vera gel coating trend to lower weight loss. The effect of blanching and concentration of citric acid (0.5 and 1.0%) added into aloe vera gel on the quality of the green caviar during storage were investigated. L* and b* of unblanched green caviar coated with alole vera gel increased with storage time ($p < 0.05$), resulting in highest freshness score in terms of appearance and overall freshness. All pretreated samples stored for 15 days had safety amount of bacteria, yeast and mold for consumed. Green caviar coated with aloe vera gel added 0.5% citric resulted slightly change of L* a* b* color, weight loss and total acidity during storage. The effect of vacuum impregnation time (0, 1, 3 and 5 min) on the quality of the green caviar during storage was studied. It was found that L*, b*, firmness and total microorganisms were increased with vacuum impregnation time ($p < 0.05$), whereas total phenolic content and antioxidant activity were decreased ($p < 0.05$). Values of a* color, weight loss, total acidity content, chlorophyll content as well as overall freshness acceptability were not significantly different among all samples ($p \geq 0.05$). Green caviar coated under vacuum for 5 minutes resulted lowest firmness but highest total phenolic compound and antioxidant activity.

สารบัญ

		หน้า
	กิตติกรรมประกาศ	ก
	บทคัดย่อ	ข
	Abstract	ค
	สารบัญ	ง
	สารบัญตาราง	จ
	สารบัญภาพ	ญ
บทที่		
1	บทนำ	1
2	การตรวจเอกสาร	3
3	วิธีดำเนินการทดลอง	13
4	ผลการทดลองและวิจารณ์	22
5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	87
	บรรณานุกรม	94
	ภาคผนวก	99
	ประวัตินักวิจัย	111

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายพวงองุ่น.....	5
3-1	สิ่งทดลองจากการแปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้.....	14
3-2	สิ่งทดลองที่ได้จากการแปรปัจจัยการลวก ความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้.....	18
3-3	รายละเอียดสิ่งทดลองที่ได้จากการแปรเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ.....	20
4-1	ค่าสี L* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน.....	24
4-2	ค่าสี a* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน.....	24
4-3	ค่าสี b* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน.....	24
4-4	การสูญเสียน้ำหนักของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 15 วัน.....	25
4-5	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน.....	26
4-6	ปริมาณยีสต์ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน.....	27
4-7	ปริมาณราของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน.....	27

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-8	คะแนนการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน.....	29
4-9	คะแนนการประเมินความสดด้านสีของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน.....	29
4-10	คะแนนการประเมินความสดด้านกลิ่นของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน.....	30
4-11	คะแนนการประเมินความสดด้านรสชาติของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน.....	30
4-12	คะแนนการประเมินความสดโดยรวมของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน.....	31
4-13	ค่าสี L* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ.....	34
4-14	ค่าสี a* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ.....	35
4-15	ค่าสี b* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ.....	36
4-16	การสูญเสียน้ำหนักของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ.....	39

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-17	ปริมาณกรดทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	44
4-18	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	47
4-19	ปริมาณยีสต์ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	48
4-20	ปริมาณราของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	49
4-21	คะแนนการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	52
4-22	คะแนนการประเมินความสดด้านสีของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	53
4-23	คะแนนการประเมินความสดด้านกลิ่นของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	54
4-24	คะแนนการประเมินความสดด้านรสชาติของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	55
4-25	คะแนนการประเมินความสดโดยรวมของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	56

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-26	ค่าสี L* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	59
4-27	ค่าสี a* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	60
4-28	ค่าสี b* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	61
4-29	การสูญเสียน้ำหนักของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	66
4-30	ค่าความแน่นเนื้อของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	67
4-31	ปริมาณกรดทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	68
4-32	ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	71
4-33	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	72
4-34	สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (%inhibition) ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	74

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-35	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	78
4-36	ปริมาณยีสต์ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	79
4-37	ปริมาณราของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	80
4-38	คะแนนการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	81
4-39	คะแนนการประเมินความสดด้านสีของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	82
4-40	คะแนนการประเมินความสดด้านกลิ่นของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	83
4-41	คะแนนการประเมินความสดด้านรสชาติของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	84
4-42	คะแนนการประเมินความสดโดยรวมของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	85

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	ลักษณะสาหร่ายพวงองุ่น	3
2-2	กลไก Hydrodynamic mechanisms (HDM)	9
3-1	ลักษณะช่อของสาหร่ายพวงองุ่นที่ใช้ในงานวิจัย	15
3-2	ลักษณะของชิ้นว่านหางจระเข้หลังแยกส่วนเปลือกออก ก) และเจลที่ได้หลังการบดด้วยเครื่องปั่นผสมโฮโมจิไนเซอร์ ข)	16
4-1	ลักษณะของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวก การใช้ไคโตซานและว่านหางจระเข้ ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 วัน (ก่อนการคืนรูป) (ก) สิ่งทดลองที่ 1 (ลวก, ไคโตซาน) (ข) สิ่งทดลองที่ 2 (ไม่ลวก, ไคโตซาน) (ค) สิ่งทดลองที่ 3 (ลวก, ว่านหางจระเข้) (ง) สิ่งทดลองที่ 4 (ไม่ลวก, ว่านหางจระเข้) และ (จ) สาหร่ายพวงองุ่นสด	23
4-2	ลักษณะตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่น (หลังการคืนรูปโดยการแช่ในน้ำสะอาด) ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการฝึกฝนผู้ทดสอบ เพื่อการประเมินความสด โดยให้คะแนน 0-10 คะแนน ตามความหมายดังนี้ (ก) คะแนน 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด (ข) คะแนน 5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และ (ค) คะแนน 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว	28
4-3	ลักษณะของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 วัน เมื่อผ่านการคืนรูปแล้ว (ก) สิ่งทดลองที่ 1 (ลวก, Citric 0.5%) (ข) สิ่งทดลองที่ 2 (ลวก, Citric 1.0%) (ค) สิ่งทดลองที่ 3 (ไม่ลวก, Citric 0.5%) (ง) สิ่งทดลองที่ 4 (ไม่ลวก, Citric 1.0%) และ (จ) สาหร่ายพวงองุ่นสด	37
4-4	ลักษณะของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 15 วัน เมื่อผ่านการคืนรูปแล้ว (ก) สิ่งทดลองที่ 1 (ลวก, Citric 0.5%) (ข) สิ่งทดลองที่ 2 (ลวก, Citric 1.0%) (ค) สิ่งทดลองที่ 3 (ไม่ลวก, Citric 0.5%) (ง) สิ่งทดลองที่ 4 (ไม่ลวก, Citric 1.0%) และ (จ) สาหร่ายพวงองุ่นสด	38

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-5	ลักษณะของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 วัน เมื่อผ่านการคืนรูปแล้ว (ก) สิ่งทดลองที่ 1 (0 นาที) (ข) สิ่งทดลองที่ 2 (1 นาที) (ค) สิ่งทดลองที่ 3 (3 นาที) และ (ง) สิ่งทดลองที่ 4 (5 นาที).....	62
4-6	ลักษณะของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 15 วัน เมื่อผ่านการคืนรูปแล้ว (ก) สิ่งทดลองที่ 1 (0 นาที) (ข) สิ่งทดลองที่ 2 (1 นาที) (ค) สิ่งทดลองที่ 3 (3 นาที) และ (ง) สิ่งทดลองที่ 4 (5 นาที).....	63
4-7	ตัวอย่างเอกสารที่ใช้เผยแพร่ความรู้ที่ได้สู่ชุมชน.....	86

บทที่ 1
บทนำ

ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

สาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*) มีชื่อสามัญว่า Sea grapes หรือ Green caviar เนื่องจากเป็นสาหร่ายทะเลสีเขียว มีลักษณะเป็นเม็ดกลมใสและเป็นช่อคล้ายพวงองุ่นหรือคล้ายไข่ปลาคาร์เวียร์ สาหร่ายพวงองุ่นมีรสชาติดีและมีคุณค่าทางอาหารสูง สามารถนำมารับประทานสดเหมือนผักสด และสามารถนำมาปรุงอาหารเหมือนไข่ปลาคาร์เวียร์ สาหร่ายชนิดนี้อุดมไปด้วยวิตามินที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินบี 2 วิตามินอี และวิตามินซี รวมทั้งมีแร่ธาตุที่สำคัญ ได้แก่ ไอโอดีน ฟอสฟอรัส สังกะสี แคลเซียม แมกนีเซียมเหล็ก แมงกานีส และโคบอลต์ มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่หลายตำแหน่งในปริมาณสูง เป็นแหล่งที่ดีของกรดอะมิโนจำเป็น รวมทั้งเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมีพวกสารประกอบฟีนอลิกที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันการเกิดโรค เช่น โรคหัวใจล้มเหลว การเกิดเนื้องอก และโรคมะเร็ง (Ratana-arporn & Chirapart, 2006; Trono & Toma, 1993; นิสราภรณ์ ภักดีพันธ์, 2554)

สาหร่ายพวงองุ่นเป็น 1 ใน 4 ชนิดของสาหร่ายทะเล ที่กรมประมงส่งเสริมให้เพาะเลี้ยงเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากเป็นชนิดสาหร่ายที่นิยมบริโภค สามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ง่ายและมีลู่ทางการขยายสู่ตลาด โดยการส่งเสริมการเลี้ยงสาหร่ายทะเลในประเทศ จะช่วยลดการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อเศรษฐกิจของประเทศ ได้ผลผลิตสาหร่ายทะเลที่มีคุณภาพสดสะอาดและปลอดภัยต่อผู้บริโภค (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, 2552) ในขณะที่การพัฒนาด้านการส่งเสริมการเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นมีอยู่อย่างต่อเนื่อง จนในปัจจุบันมีผลผลิตที่สามารถจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ และมีแนวโน้มเป็นที่ต้องการของตลาด แต่พบปัญหาว่าสาหร่ายพวงองุ่นมีอายุหลังการเก็บเกี่ยวสั้น ประมาณ 10-12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากยังคงมีกระบวนการหายใจ มีสภาวะเครียดทางกายภาพ และสาเหตุหลักเนื่องมาจากการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ (Vargas et al., 2009) คุณลักษณะด้านความสดใหม่ของสาหร่ายมีความสำคัญต่อการตอบสนองยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคเป็นอย่างมาก การชะลอการเปลี่ยนแปลงของสาหร่ายหลังการเก็บเกี่ยวในด้านต่างๆจึงเป็นแนวทางที่ควรปฏิบัติ อาจมีความจำเป็นต้องประยุกต์ใช้หลายวิธีร่วมกันใช้ในการยืดอายุการเก็บ ตัวอย่างเช่น การแช่กรด การแช่ในสารละลายผสมของกรดหรือด่าง การลวก และการปรับแต่งสภาพบรรยากาศบรรจุ (Apiratikul et al., 2011)

วิจัยนี้มีแนวคิดที่จะยืดอายุการเก็บสาหร่ายพวงองุ่น โดยประยุกต์ใช้หลายวิธีร่วมกัน ได้แก่ การลวก ซึ่งเป็นการเตรียมขั้นต้นวัตถุดิบก่อนการเก็บรักษาที่สามารถช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ทำลายและลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่บนผิวนอกของวัตถุดิบก่อนการเก็บรักษาได้ (Saencom et al., 2011; Jha & Prasad., 1996) การใช้เทคนิคการเคลือบผิวอาหารด้วยสารเคลือบที่สามารถบริโภคได้สามารถยืดอายุการเก็บอาหารได้ เนื่องจากช่วยลดการระเหยของน้ำ ทำให้ลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการสังเคราะห์เอทิลีน ขัดขวางการเข้าออกของก๊าซ และสามารถปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุได้ (กษวรรณ ผาพรม, 2552; Martínez-Romero et al., 2013) จาก

การตรวจเอกสารพบว่า เจลว่านหางจระเข้สามารถนำมาใช้เป็นสารเคลือบที่สามารถบริโภคได้ มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพและลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของผลไม้หลายชนิด เช่น เชอร์รี่ องุ่น เนคทารีน ชิ้นแอปเปิ้ลและเมล็ดทับทิม โดยพบว่าเจลว่านหางจระเข้มีสารสำคัญคือ อะโลอิน (Aloin) ที่มีฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ (Valverde et al., 2005; Chauhan et al., 2011; Martínez-Romero et al., 2013) ไคโตซาน เป็นอนุพันธ์ของไคตินที่ผ่านการกำจัดหมู่อะซีติล มีสมบัติให้ความหนืดได้สามารถใช้เป็นส่วนผสมของสารเคลือบที่บริโภคได้ มีสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์และเชื้อราบางชนิดได้ดี (Vargas et al., 2009) การใช้กรดร่วมด้วยมีส่วนช่วยในการยืดอายุการเก็บอาหารได้เช่นกัน เนื่องจากกรดมีผลให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในอาหารนั้นต้องเสียพลังงานในการรักษาความสมดุลให้ของเหลวในช่องว่างระหว่างเซลล์มีความเป็นกลาง ทำให้จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตต่ำลงและอาจตายในที่สุด (สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2549; Derossi et al., 2011)

ประสิทธิภาพของการใช้สารเคลือบตัวอย่างเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ปัจจัยสำคัญหนึ่งมีความเกี่ยวข้องกับความคงตัวของความหนืด ความหนาของฟิล์มที่เคลือบ และการแผ่ขยายของสารเคลือบที่ทั่วถึงผิวอาหาร มีรายงานว่าการใช้เทคนิคการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ (Vacuum impregnation) เป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านการกระจายตัวและการฟอร์มฟิล์มให้มีลักษณะหนา จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเคลือบให้ดีขึ้น (Vargas et al., 2009) อย่างไรก็ตามความรุนแรงของการใช้สภาวะสุญญากาศก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงต่อความเหมาะสมสำหรับอาหารแต่ละชนิด (Fito, 1995) หากใช้สภาวะที่รุนแรงเกินไปอาจมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์บางประการได้ โดยเฉพาะกรณีสาหร่ายพวงองุ่นมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาเป็นเม็ดกลมที่มีของเหลวภายใน การใช้แรงกลจากสภาวะสุญญากาศอาจมีผลต่อการรั่วไหลของสารพฤกษเคมีที่สำคัญด้วย และหากใช้สภาวะที่รุนแรงน้อยเกินไปอาจไม่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของการเคลือบ

งานวิจัยโดยให้ความสำคัญกับการเลือกใช้เทคนิคที่สามารถนำมาใช้งานได้จริงกับชุมชนและอุตสาหกรรมทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เป็นประโยชน์ในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบที่มีศักยภาพ สามารถจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ เพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจของท้องถิ่น ทำให้ชุมชนมีความเข้มแข็งมากขึ้น และได้เป็นอาหารสุขภาพที่เป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคทั่วไปได้

วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาผลของการลวกและการใช้ไคโตซานและว่านหางจระเข้ต่อคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา
2) เพื่อศึกษาผลของการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ต่อคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา
3) เพื่อศึกษาผลของเวลาการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศต่อคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา
4) เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีและความรู้ที่ได้จากการวิจัยสู่ชุมชน

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 สาหร่ายพวงองุ่น

สาหร่ายพวงองุ่นเป็นสาหร่ายทะเลสีเขียว (Green algae) หรือมีชื่อสามัญว่า Sea Grapes หรือ Green Caviar เนื่องจากมีเม็ดกลมและเป็นช่อคล้ายพวงองุ่นหรือคล้ายไข่ปลาคาร์เวียร์ นอกจากนี้ยังมีชื่อเรียกว่า Lelato, Ararusip, Lato ชาวญี่ปุ่นเรียกสาหร่ายชนิดนี้ว่า Umibudo มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Caulerpa lentillifera J. Agardh* อยู่ในครอบครัว Caulerpaceae เป็นสาหร่ายที่มีการแพร่กระจายอยู่ในเขต Tropical และ Subtropical พบได้ในประเทศอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย เวียดนามและญี่ปุ่น นอกจากนี้ยังแพร่กระจายไปเขตร้อนได้แก่ เคนยา มาดากัสการ์ มอริเซียส โมแซมบิก โซมาเลีย แอฟริกาใต้ แทนซาเนีย และปาปัวนิวกินี เจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีสารอาหารบริบูรณ์และแสงแดด มีลักษณะคล้ายองุ่นสีเขียวสดมีคุณค่าทางอาหารสูง จัดเป็นอาหารทะเลที่สำคัญในญี่ปุ่นและฟิลิปปินส์ มีทั้งการเก็บเกี่ยวจากธรรมชาติและจากการเลี้ยงในบ่อดิน (นิสราภรณ์ ภักดีพันธ์, 2554) ลักษณะของสาหร่ายพวงองุ่นแสดงดังภาพที่ 2-1

ภาพที่ 2-1 ลักษณะสาหร่ายพวงองุ่น
ที่มา : สุพล ตั่นสุวรรณ และคณะ, 2555

ในอดีตในประเทศไทยมักใช้ประโยชน์สาหร่ายด้านการบำบัดน้ำทิ้ง จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำก่อนปล่อยออกสู่ทะเล แต่ในปัจจุบันผู้บริโภคในประเทศไทยต่างให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารสุขภาพเป็นอย่างมาก กรมประมงจึงมีนโยบายส่งเสริมการเพาะเลี้ยงสาหร่ายทะเล ซึ่งเป็นพืชน้ำที่

คุณค่าทางโภชนาการ อุดมด้วยวิตามิน เกลือแร่ เช่น แคลเซียม และไอโอดีน และที่สำคัญในช่วงที่ผ่านมามีการนำเข้าสาหร่ายทะเลเข้ามาบริโภคภายในประเทศเป็นจำนวนมาก และพบปัญหาเชิงคุณภาพ เช่น การปนเปื้อนโลหะหนัก เป็นต้น การส่งเสริมการเลี้ยงสาหร่ายทะเลในประเทศ จะช่วยลดการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อเศรษฐกิจของประเทศ เพื่อให้ได้ผลผลิตสาหร่ายทะเลที่มีคุณภาพสดสะอาด และปลอดภัยต่อผู้บริโภค ปัจจุบันกรมประมงได้มอบหมายให้สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งทำการวิจัยและส่งเสริมการเลี้ยงสาหร่ายทะเล 4 ชนิด ได้แก่ สาหร่ายพวงองุ่น สาหร่ายผมนาง สาหร่ายผักกาดทะเล และสาหร่ายโพรง เนื่องจากเป็นชนิดสาหร่ายที่นิยมบริโภคในท้องถิ่น สามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ง่ายและมีลู่ทางการขยายสู่ตลาด (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, 2552)

ในการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์เป็นการเลี้ยงในบ่อดิน สำหรับประเทศไทยการเลี้ยงสาหร่ายในบ่อดินสำหรับสาหร่ายพวงองุ่นปลูกได้ทั้งแบบหว่านและแบบปักชำ โดยในช่วงเริ่มต้นปลูกครั้งแรกเติมน้ำเค็ม 27-30 ส่วนในพัน ประมาน 40 เซนติเมตร เมื่อปลูกแล้วประมาน 1 สัปดาห์จึงค่อยเพิ่มระดับน้ำให้อยู่ในระดับที่แสงส่องถึงขึ้นกับความโปร่งแสงของน้ำ โดยมากจะรักษาระดับน้ำให้มีความลึกประมาณ 60-100 เซนติเมตร หลังจากการปลูกประมาณ 1-2 เดือน จะสามารถเก็บเกี่ยวสาหร่ายได้ และความถี่ในการเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ต่อครั้ง ควรมีการสูบน้ำเข้าบ่อเลี้ยงประมาณ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ หรือดัดแปลงบ่อด้วยการติดตั้งท่อเข้าออกแบบมีลิ้นเปิดปิดตามระดับน้ำธรรมชาติ การกำจัดและป้องกันศัตรูของสาหร่าย หมั่นเก็บสาหร่ายชนิดอื่นที่เกิดขึ้นในบ่อเมื่อน้ำตื้นเกินไป ดังนั้นการรักษาระดับน้ำเพื่อให้แสงส่งถึงในระดับที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญ ผลผลิตในการเลี้ยงในบ่อดิน สามารถเลี้ยงสาหร่ายให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 45% ของน้ำหนักตั้งต้น โดยน้ำเลี้ยงควรมีสารอาหารและคุณสมบัติดังนี้ แอมโมเนียรวมไม่น้อยกว่า 0.05 ppm pH ช่วงกว้าง 8-9 แอลคาไลนิตี้ 120-140 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเค็ม 27-33 ส่วนในพัน อุณหภูมิประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส (สุพล ตั่นสุวรรณ และคณะ, 2555)

สาหร่ายพวงองุ่นเป็นหนึ่งในสาหร่ายที่รับประทานได้ของประเทศไทย สำหรับรูปแบบการบริโภคที่นิยมคือ รับประทานสดเหมือนผักสด รับประทานกับสลัดซูชิ ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารญี่ปุ่น เช่น แซลมอนโรล (Salmon roll) และอาหารทะเลต่างๆ ใช้ตกแต่งจานอาหารและสามารถนำมาปรุงอาหารเหมือนไข่ปลาคาร์เวียร์ สาหร่ายชนิดนี้อุดมด้วยแร่ธาตุและวิตามินหลายชนิดที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินบี 2 วิตามินอี และวิตามินซี รวมทั้งมีเกลือแร่ที่สำคัญ ได้แก่ ไอโอดีน ฟอสฟอรัส สังกะสี แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส และโคบอลต์ มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่หลายตำแหน่ง (Polyunsaturated fatty acid : PUFA) ปริมาณสูง นอกจากนี้สาหร่ายพวงองุ่นยังมีกรดอะมิโนจำเป็นเกือบ 40% ของกรดอะมิโนรวม ซึ่งใกล้เคียงกับในไข่และถั่วเหลือง และยังมีกรดอะมิโนชนิด Aspartic และ Glutamic สูงประมาณ 25% ของปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด ทำให้สาหร่ายมีกลิ่นรสเฉพาะตัว สาหร่ายพวงองุ่นมีรสชาติดีและมีคุณค่าทางอาหารสูงจึงจัดเป็น 1 ใน 5 อาหารแนะนำสำหรับผู้ที่ไปเยือนเมืองโอกินาประเทศญี่ปุ่น และจัดว่าเป็นอาหารสุขภาพ ชาวญี่ปุ่นเชื่อว่าการรับประทานสาหร่ายทะเลช่วยให้หายป่วยได้เร็วขึ้น เนื่องจากมีวิตามินและเกลือแร่สูง เป็นแหล่งสำคัญของแมกนีเซียมที่ช่วยลดความดันโลหิตและป้องกันโรคหัวใจล้มเหลวช่วยต้านมะเร็ง มีไอโอดีนสูงจึง

ช่วยผู้ป่วยที่เป็นโรคไทรอยด์ (Ratana-arporn & Chirapart, 2006) รายละเอียดคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายพวงองุ่น แสดงดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายพวงองุ่น

องค์ประกอบทางเคมี	มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง
โปรตีน	12.49
ไขมัน	0.86
เยื่อใย	3.17
เถ้า	24.2
คาร์โบไฮเดรต	59.27
ความชื้น	25.31
เกลือแร่	มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง
ฟอสฟอรัส	1030
โปแตสเซียม	970
แคลเซียม	780
แมกนีเซียม	630
สังกะสี	2.6
แมงกานีส	7.9
เหล็ก	9.3
เกลือแร่	ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง
ทองแดง	2200
ไอโอดีน	1424
วิตามิน	มิลลิกรัม /100 กรัมน้ำหนักสด
อี	2.22
ซี	1.00
ไทอะมิน	0.05
ไรโบฟลาวิน	0.02
ไนอะซิน	1.09

2.2 สารเคลือบที่บริโภคได้

ผักและผลไม้โดยทั่วไปมีสารเคลือบตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นสารประเภทลิพิด เช่น การมีคิวติเคิลที่ผิวของผลไม้บางชนิด เป็นต้น ภายหลังการเก็บเกี่ยวและในระหว่างกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวสารเคลือบบางส่วนอาจจะหายไป ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตผลสูญเสียน้ำได้ง่าย รวมทั้งมีการแลกเปลี่ยนก๊าซได้มากขึ้นด้วย ดังนั้นในกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลบางชนิด จึงมีการเคลือบผิวผลิตผลด้วยสารเคลือบที่ได้มาจากธรรมชาติหรือสารสังเคราะห์เพื่อทดแทนสารเคลือบตามธรรมชาติ โดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญคือ ช่วยลดการสูญเสียน้ำของผลิตผลลงได้ 30-50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลิตผลมีลักษณะผิวไม่เหี่ยว ลดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ ซึ่งจะส่งผลให้ชะลอกระบวนการหายใจแต่ยังอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผลิตผล นอกจากนั้นการเคลือบยังมีผลกระทบต่อผลิตผลทางอ้อม คือ ทำให้มีความมันวาวดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค ทำให้ผลิตผลมีความสวยงามน่าบริโภค และในกรณีที่ต้องใช้สารเคมีชนิดอื่นเพิ่มเติม สารเคลือบเหล่านี้จะช่วยเป็นตัวพาสารเคมีให้ติดอยู่กับผิวของผลิตผลด้วย เช่น การผสมสารเคมีฆ่าเชื้อรากับสีย้อมผิวของผลิตผล หรือการผสมสารควบคุมการเจริญเติบโตต่างๆรวมกับสารเคลือบ (ดนัย บุณยเกียรติ, 2536)

สารเคลือบผิวผักและผลไม้ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมักเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ เช่น จากพืชและจากปิโตรเลียม รวมทั้งบางชนิดได้จากสัตว์ สูตรส่วนผสมของสารเคลือบเหล่านี้มักประกอบด้วย พาราฟินแวกซ์ ซึ่งเป็นสารที่ช่วยควบคุมการสูญเสียน้ำได้ดีและมีความมันวาวน้อย ส่วนคาร์นูบาแวกซ์ เป็นสารเคลือบที่ให้ความมันวาวดี แต่ควบคุมการสูญเสียน้ำได้น้อย โดยมีการพัฒนาสารเคลือบที่บริโภคได้ (Edible coating) สำหรับการเคลือบผิวผักและผลไม้ ตัวอย่างเช่น การใช้ผลิตภัณฑ์พวกแป้ง น้ำมัน และสารอื่นๆ เช่น ไคโตซาน เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตผลและทำให้ผู้บริโภคมีความปลอดภัยด้วย โดยชนิดของสารเคลือบที่บริโภคได้อาจแบ่งได้ดังนี้

1) แป้ง เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธัญพืช เช่น ข้าวและข้าวโพด นอกจากนั้นยังได้จากรากและลำต้นใต้ดินของพืชบางชนิด เช่น มันสำปะหลังและมันฝรั่ง เป็นต้น

2) น้ำมันพืช เป็นน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดพืช เช่น ถั่วเหลือง ฝ้าย และทานตะวัน เป็นต้น

3) โปรตีน เช่น เจลาติน ซึ่งตามปกติละลายได้ดีในน้ำร้อน มีลักษระเจลใสและยืดหยุ่นได้ดี

4) สารสกัดจากสาหร่ายทะเล เช่น วุ้น ซึ่งละลายได้ดีในน้ำร้อน เมื่อใช้เคลือบผิวผักและผลไม้จะมีลักษณะเป็นแผ่นใสหุ้มอยู่ด้านนอก

5) สารที่ได้จากกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ เช่น แซนแทนกัม ซึ่งละลายได้ในน้ำเย็นและมีความข้นหนืดมาก

6) พอลิแซกคาไรด์อื่นๆที่ได้จากพืช เช่น เซลลูโลส เพกตินและกัม

7) สารสกัดจากสัตว์ เช่น ไคโตซาน ซึ่งได้มาจากเปลือกกุ้ง

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เจลจากว่านหางจระเข้ (วุ้นจากใบ) เป็นสารเคลือบ ว่านหางจระเข้เป็นพืชสมุนไพรที่อวบน้ำ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Aloes vera L.*จัดอยู่ในวงศ์ Liliaceae ภายในใบของว่านหางจระเข้จะมีวุ้นใสๆ เป็นสารเมือก (Mucilage) ซึ่งเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเจล ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมาก มีค่าความเป็นกรด-ด่าง pH 4-5 มีลักษณะคล้ายวุ้น ปลายใบแหลมสีเขียวมีจุดเล็กๆ และขอบใบมีหนามแหลม ว่านหางจระเข้จะเติบโตได้ดีในพื้นที่ใกล้ชายทะเล ปัจจุบันว่านหางจระเข้ปลูกกันมากในแถบอเมริกาตอนใต้ บราซิล มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ อัฟริกาเหนือ และอัฟริกาใต้

องค์ประกอบของใบว่างหางจระเข้มีส่วนประกอบของน้ำตาลแมนโนส 67% และหมู่อะซิติล 23% ที่เหลือเป็นกลูโคสและกาแลกโตส สำหรับการใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆของว่านหางจระเข้ มีดังนี้ (ปัณรสี สู่ศิริรัตน์ และภัทรา พลับเจริญสุข, 2555)

1) น้ำยาง หรือยาดำ เมื่อกรีดใบว่านหางจระเข้น้ำยางที่ไหลออกมาใหม่ๆจะไม่มีสี เมื่อทิ้งไว้ให้น้ำยางถูกกับอากาศ ทำให้น้ำยางเปลี่ยนเป็นสีเหลืองถึงสีน้ำตาล สารเคมีที่พบในน้ำยางส่วนใหญ่ได้แก่ Barbaloin หรือ Capaloin, Alonin และ Resin มีประโยชน์ต่อร่างกายในการทำให้ลำไส้เคลื่อนตัวได้ดี เป็นยาระบายที่มีประสิทธิภาพ

2) วุ้นจากใบ (Aloe vera gel) มีส่วนประกอบหลักเป็นกลูโคแมนแนน ซึ่งเป็นสารพวกโพลิแซคคาไรด์ สารพวกนี้มีสมบัติคล้ายกับกัวกัม นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบของกลูโคสและกาแลกโตสด้วย องค์ประกอบสำคัญอื่น ได้แก่ Anthraquinone Glycoside ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรค ต่อต้านเชื้อแบคทีเรียและช่วยสมานแผลได้ สารออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือ สารอะโลอิน (Aloin) นอกจากนี้ยังมีสารอื่นเช่น Aloe-emodin Aloesin และ Glycoprotine

อะโลอิน (Aloin) จัดอยู่ในกลุ่มแอนทราควิโนนไกลโคไซด์ (Anthraquinone Glycoside) มีโครงสร้างแบบ C-glucosylanthrones แอนทราควิโนนเมื่อถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายจะถูกแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่รีดิวซ์ให้เป็นแอนทรานอล (Anthranol) สามารถฆ่าเชื้อโรคและต่อต้านเชื้อราได้ เป็นสาร Antimicrobial ซึ่งมีคุณสมบัติไปขัดขวางการสร้างผนังเซลของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เยื่อหุ้มเซล ขัดขวางการสร้างโปรตีนของจุลินทรีย์ จะมีผลต่อจุลินทรีย์ที่กำลังเจริญเติบโตหรือกำลังแบ่งตัว

นอกจากนี้งานวิจัยนี้ใช้ไคโตซานในการเตรียมสารเคลือบด้วย ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคตินได้จากปฏิกิริยา deacetylation ของไคติน ไคโตซานเป็นสารพอลิเมอร์ธรรมชาติที่ได้จากการแปรรูปกากของเสียจากอุตสาหกรรมของทะเลสดแช่แข็ง เช่น เปลือกกุ้ง กระดองปู และแกนหมึก ไคโตซานเป็นสารที่มีสมบัติเด่นหลายประการ เช่น ความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์บางชนิด ความไม่เป็นพิษ ความเข้ากันได้ทางชีวภาพ ความสามารถในการย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคติน โดยไคตินเป็นพอลิเมอร์แบบเส้นตรง ที่มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายเซลลูโลส ต่างกันตรงที่หน่วยย่อย (monomer) ของเซลลูโลสเป็น D-glucose ส่วนหน่วยย่อยของไคตินคือ N-acetyl-D-glucosamine (2-acetamino-2-deoxy-D-glucose) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของกลูโคส ชื่อทางเคมีของไคติน คือ Poly β-(1-4)-2-acetamido-2-deoxy-d-glucose ในขณะที่ไคโตซาน คือ ไคตินในรูปที่มีปริมาณหมู่อะซิติลต่ำเกิดจากปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิติล (deacetylation) ของไคตินด้วยด่างเข้มข้น ทำให้โครงสร้างทางเคมีของไคตินเปลี่ยนไปโดยหมู่อะซีตามิโด (-$NHCOCH_3$) เปลี่ยนเป็นหมู่อะมิโน (-NH_2) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ดังนั้น ไคโตซานคือ โพลิเมอร์ของ D-glucosamine (2-amino-2-deoxy-D-glucose) สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไคโตซานมีดังนี้ (ภาวดี เมธดานนท์, 2544)

1) ระดับการกำจัดหมู่แอซิติล

ไคโตซานเกิดจากปฏิกิริยาการกำจัดหมู่แอซิติลของไค สภาพของการเป็นไคโตซานจึงขึ้นอยู่กับปริมาณการเกิดปฏิกิริยากำจัดหมู่แอซิติล ซึ่งวัดได้จากค่าระดับการกำจัดหมู่แอซิติล การลดลงของ

หมู่แอซิติลในไคตินเป็นการเพิ่มขึ้นของหมู่อะมิโนของกลูโคซามีนซึ่งเป็นการเพิ่มประจุบวกบนสายพอลิเมอร์ทำให้เกิดสภาพของการเป็นไคโตซานเพิ่มขึ้น

2) การละลาย

ไคโตซานไม่ละลายในน้ำ ด่างและตัวทำละลายอินทรีย์ แต่สามารถละลายได้ดีในสารละลายที่เป็นกรดอินทรีย์เกือบทุกชนิดที่มี pH น้อยกว่า 6 กรดอะซิติกและกรดฟอร์มิกเป็นกรดที่นิยมใช้ในการละลายไคโตซาน กรดอินทรีย์บางชนิด เช่น กรดไนตริก กรดไฮโดรคลอริก สามารถละลายไคโตซานได้ร่วมกับการใช้อุณหภูมิสูงปานกลาง

3) ความหนืด

ความหนืดของสารละลายไคโตซานขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับการกำจัดหมู่แอซิติล ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ โดยทั่วไปแล้วความหนืดของสารละลายโพลิเมอร์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่ชนิดของกรดที่ใช้และการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายโพลิเมอร์จะให้ผลความหนืดที่แตกต่างกัน เช่น ความหนืดของ ไคโตซานในกรดอะซิติกจะเพิ่มขึ้นเมื่อสารละลายมีค่า pH ลง ลด ในขณะที่ความหนืดของไคโตซานในกรดไฮโดรคลอริกจะเพิ่มขึ้นเมื่อ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้น

4) ความสามารถในการสร้างตะกอน (Coagulating ability)

ไคโตซานเป็นตัวสร้างตะกอนและตกตะกอนที่ดี เนื่องจากการมีหมู่อะมิโนจำนวนมากที่สามารถแตกตัวเป็นประจุบวกและจับกับสารที่มีประจุลบได้ นอกจากนี้ไคโตซานยังสามารถจับกับโลหะหนักได้โดยไนโตรเจนในหมู่อะมิโนของไคโตซานจะทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน ทำให้ไอออนของโลหะสามารถสร้างพันธะเชิงซ้อน (coordinate) กับหมู่อะมิโนได้ อย่างไรก็ตามความสามารถในการดูดซับไอออนของโลหะของไคโตซานยังขึ้นอยู่กับอีกหลายปัจจัย เช่น ความเป็นผลึก และความสามารถในการดึงดูดน้ำของไคโตซาน

5) การเสื่อมสลายโดยความร้อน

ความร้อนมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของไคโตซาน ตัวอย่างเช่น การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงมากกว่าหรือเท่ากับ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่งโมง มีผลทำให้ไคโตซานเกิดสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาล อย่างไรก็ตามขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลา

2.3 การแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ

จากการตรวจเอกสารพบว่ามีงานวิจัยในสาขาวิทยาศาสตร์การอาหารสนใจใช้เทคนิคการแช่ในสภาวะสุญญากาศ (Vacuum impregnation) มากขึ้น ซึ่งทำได้โดยแช่ชิ้นผักผลไม้ลงในสารละลายในสภาวะสุญญากาศในช่วงเวลาสั้นๆ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการแพร่ของของแข็งในสารละลายให้เข้าไปในเนื้อผักผลไม้ได้มากและเร็วขึ้น จากนั้นจึงแช่ชิ้นผักผลไม้ต่อที่สภาวะบรรยากาศ

จากการตรวจเอกสารพบว่าสามารถประยุกต์ใช้การแช่ในสภาวะสุญญากาศในการเคลือบสารเคลือบที่สามารถที่บริโภคได้ให้กับอาหารได้ด้วย โดยการแช่ในสภาวะสุญญากาศสามารถกระตุ้นให้สารเคลือบที่บริโภคได้แทรกซึมและกระจายทั่วถึงเข้าไปในผิวอาหาร เนื่องจากการใช้สภาวะสุญญากาศในขั้นต้นเป็นการเพิ่มแรงบีบอัด และเมื่อปล่อยเข้าสู่สภาวะบรรยากาศหลังจากที่แช่ในสภาวะสุญญากาศแล้วจะช่วยกระตุ้นให้เกิดการแพร่เข้าไปในช่องว่างระหว่างเซลล์ได้มากขึ้น (Castello et al., 2005; Vargas et al., 2009)

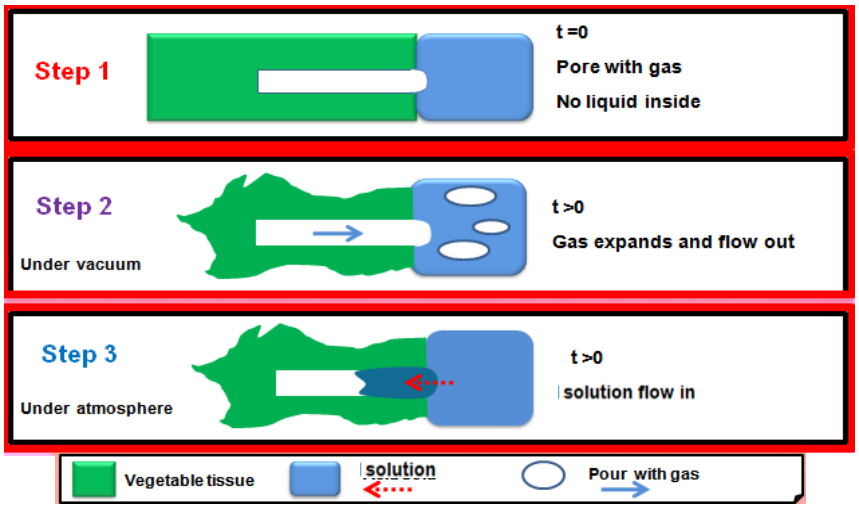
Fito & Chiralt. (2000) ศึกษาเทคนิคการแช่อาหารภายใต้สภาวะสุญญากาศ กล่าวว่า เทคนิคการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยปรับปรุงการกระจายตัวและการฟอร์มฟิล์มที่บริโภคได้ให้มีลักษณะหนาและสม่ำเสมอเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเคลือบให้ดีขึ้น การแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีรูพรุน มีส่วนที่ช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซภายในหรือสำหรับส่วนของเหลวภายนอกที่อุดตันในรูเปิดและช่องว่างระหว่างเซลล์ เนื่องจากในระหว่างการแช่ที่สภาวะดังกล่าวจะเกิดกลไกการถ่ายเทมวลสารและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่เรียกว่า Hydrodynamic mechanisms (HDM) เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงความดัน เทคนิคการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศจะช่วยสนับสนุนการแลกเปลี่ยนก๊าซหรือส่วนที่เป็นของเหลวในพื้นผิวที่เป็นรูพรุนของเนื้อเยื่อที่ผ่านการแช่ด้วยสารเคลือบ

กระบวนการแช่โดยใช้สภาวะสุญญากาศทำให้เกิดกลไก HDM กล่าวคือเกิดการเคลื่อนที่ของสารละลายเข้าสู่ช่องว่างระหว่างเซลล์ โดยช่องว่างนี้เกิดจากการที่อากาศในเซลล์ที่ถูกดูดออกไประหว่างการใช้สภาวะสุญญากาศกล่าวได้ว่า HDM เป็นกลไกที่ช่วยในการนำสารละลายเข้าสู่เซลล์นั่นเอง กลไก HDM สำหรับการแช่ผักผลไม้ในสภาวะสุญญากาศ แสดงดังภาพที่ 2-2 มีขั้นตอนดังนี้

1) เมื่อ t=0 เป็นขั้นตอนที่เริ่มมีการแช่ชิ้นผักผลไม้ในสารละลาย ยังไม่มีการเคลื่อนที่ของอากาศออกสู่สารละลายภายนอก และยังไม่มีการเคลื่อนที่ของสารละลายเข้าสู่ช่องว่างระหว่างเซลล์

2) เมื่อเวลาผ่านไปในสภาวะสุญญากาศ t>0 อากาศจากช่องว่างระหว่างเซลล์จะถูกดูดออกสู่สารละลายภายนอก และเกิดการเปลี่ยนรูปของโครงสร้างของเนื้อเยื่อผักผลไม้ด้วย

3) เมื่อสิ้นสุดการใช้สภาวะสุญญากาศ และแช่ชิ้นผักผลไม้ต่อที่สภาวะบรรยากาศ t>0 สารละลายจะแพร่ผ่านเข้ามาในช่องว่างระหว่างเซลล์ โดยจะเข้ามาแทนที่อากาศที่ถูกดูดออกไป เป็นผลให้ของแข็งที่อยู่ในสารละลายแพร่เข้าไปในเนื้อเยื่อผักผลไม้ได้ และในขณะเดียวกันน้ำในชิ้นผักผลไม้ก็จะสามารถแพร่ออกสู่สารละลายได้เช่นกัน



ภาพที่ 2-2 กลไก Hydrodynamic mechanisms (HDM) (ดัดแปลงจาก Fito & Chiralt, 2000)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Martínez-Romero et al. (2013) ศึกษาการเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้เพื่อรักษาคุณภาพและความปลอดภัยของเมล็ดทับทิมพร้อมบริโภค โดยประยุกต์เจลว่านหางจระเข้เป็นสารเคลือบที่สามารถบริโภคได้ในกระบวนการแปรรูปขั้นต่ำร่วมกับการใช้กรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิก ซึ่งมีแนวคิดว่าจะให้ผลเชิงบวกในด้านการลดการเกิดสีน้ำตาลและการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ โดยมีรายงานว่ากิจกรรมการต้านเชื้อราของเจลว่านหางจระเข้ สัมพันธ์กับปริมาณของอะโลอิน (Aloin) ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญจากเจลว่านหางจระเข้ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเคลือบเมล็ดทับทิมด้วยเจลว่านหางจระเข้ร่วมกับกรด สามารถปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดทับทิมระหว่างการเก็บได้ โดยเฉพาะด้านความแน่นเนื้อ สี และสารพฤกษเคมี รวมถึงยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้และยังเป็นที่ยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยการใช้สารละลายผสมของเจลว่านหางจระเข้ 100% ร่วมกับกรดซิตริก 1.0% และกรดแอสคอร์บิก 1.0% เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด

Benitez et al. (2013) ศึกษาประสิทธิภาพสารเคลือบที่สามารถบริโภคได้จากเจลว่านหางจระเข้ที่แตกต่างกัน 4 ความเข้มข้น (0, 1, 5 และ 15% (v/v)) ในการรักษาคุณภาพของกีวีสดสไลด์ชิ้นกีวีถูกบรรจุในถาดพลาสติกภายใต้สภาวะสุญญากาศและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าเจลว่านหางจระเข้นั้นมีประโยชน์ต่อการรักษาคุณภาพของกีวีสดสไลด์ โดยการชะลอการเกิดสีเหลืองระหว่างกระบวนการแปรรูป ลดการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และรักษาเนื้อสัมผัส โดยเจลว่านหางจระเข้ที่ความเข้มข้น 5% ให้ผลดีที่สุดในการปรับปรุงคุณภาพกีวีสดสไลด์ระหว่างการเก็บรักษา

Chauhan et al. (2011) ศึกษาการเคลือบด้วย shellac และเจลว่านหางจระเข้เพื่อรักษาคุณภาพของแอปเปิ้ลแผ่นบาง โดยมีการแช่แอปเปิ้ลแผ่นบางโดยใช้ โอโซน:น้ำ (1:2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) แช่เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมาแช่ในสารละลายที่ประกอบด้วยกรดแอสคอร์บิก 200 mg kg^{-1} กรดซิตริก 200 mg kg^{-1}และโซเดียมเบนโซเอท 200 mg kg^{-1} เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำมาเคลือบด้วย shellac และเจลว่านหางจระเข้ทั้งแบบเดี่ยวและแบบผสม การเคลือบช่วยลดอัตราการหายใจ ลดอัตราการสังเคราะห์เอทีลีน ตลอดจนช่วยลดการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตัวอย่างที่เคลือบเจลว่านหางจระเข้เพียงอย่างเดียว พบว่ามีปริมาณของเอนไซม์โพลิฟีนอลและเอนไซม์โพลิออกซิเดสน้อยกว่าตัวอย่างที่มีการใช้ shellac ร่วมด้วย ส่วนตัวอย่างที่ไม่ผ่านการเคลือบ (ตัวอย่างควบคุม) พบว่ามีปริมาณของเอนไซม์โพลิฟีนอลและเอนไซม์โพลิออกซิเดสเริ่มต้นสูงที่สุด ผลการวิเคราะห์ L* a* b* ค่าความแน่นเนื้อ และการประเมินคุณภาพ พบว่าตัวอย่างแอปเปิ้ลแผ่นบางที่ผ่านการเคลือบมีการแปลงเปลี่ยนแปลงลดลงระหว่างการเก็บ และสามารถเก็บได้นานถึง 30 วัน ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส

Martínez-Romero et al. (2006) ศึกษาการใช้สารเคลือบที่สามารถบริโภคได้จากเจลว่านหางจระเข้เพื่อรักษาคุณภาพของเชอร์รี่หวานหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษา จากผลการทดลองพบว่าเชอร์รี่หวานที่ไม่ผ่านการเคลือบมีอัตราการหายใจสูง น้ำหนักลดลงอย่างรวดเร็วและมีการเปลี่ยนแปลงของสี สุกและนิ่มเร็ว ก้านมีสีน้ำตาล และมีการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ ในทางตรงกันข้ามเชอร์รี่หวานที่ได้รับการเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้เพื่อรักษาคุณภาพนั้นมีการสูญเสียคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวน้อยและสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น จากการวิเคราะห์ทางประสาท

สัมผัสพบว่าการใช้เจลว่านหางจระเข้เคลือบเชอร์รี่หวานช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของก้านเชอร์รี่และการคายน้ำ โดยไม่มีผลต่อกลิ่นรสของเชอร์รี่หวานในระหว่างการเก็บรักษา

Valverde et al. (2005) ศึกษาการใช้สารเคลือบที่สามารถบริโภคได้จากเจลว่านหางจระเข้เพื่อรักษาคุณภาพและความปลอดภัยในการนำมาบริโภคขององุ่นระหว่างการเก็บรักษา องุ่นเป็นผลไม้ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจที่สำคัญ แต่หลังการเกี่ยวมักมีการเสื่อมเสียอย่างรวดเร็ว จากผลการทดลองพบว่าตัวอย่างองุ่นที่ไม่ใช้สารเคลือบผิวเกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาการเก็บรักษาประมาณ 7 วัน ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักอย่างรวดเร็ว มีการเปลี่ยนแปลงของสีและการเกิดสีน้ำตาล ในทางตรงกันข้ามองุ่นที่ได้รับการเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้สามารถยืดอายุเวลาการเก็บรักษาได้ถึง 35 วัน ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส โดยปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นลดลง และจากการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสพบว่า การชะลอการเกิดสีน้ำตาล การลดการคายน้ำ และไม่มีผลกระทบกับกลิ่นรสขององุ่น

Adriano et al. (2009) ศึกษาการเคลือบไคโตซานและเก็บในสภาวะดัดแปลงบรรยากาศเพื่อรักษาคุณภาพและสารพฤกษเคมีในแครอทแท่ง ผลิตภัณฑ์แครอทแท่งพร้อมบริโภคกำลังเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมากขึ้นเรื่อยๆ แต่ยังพบปัญหาการปรากฏสีขาวบริเวณผิวที่มีการตัดแต่งในระหว่างการเก็บ จึงมีการพัฒนานำแครอทบรรจุในสภาวะดัดแปลงบรรยากาศ ประยุกต์กับการเคลือบด้วยสารที่บริโภคได้ เพื่อช่วยให้แครอทแท่งมีคุณภาพและสามารถยืดอายุการเก็บได้นานขึ้น ทำได้โดยจะเคลือบแครอทแท่งด้วยไคโตซาน 5 มิลลิลิตรต่อลิตร และเก็บภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศ (10 kPaO_2 +10kPaCO_2 เป็น Pack A และ 2 kPaO_2 + 15–25 kPa CO_2 เป็น Pack B) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 12 วัน วิเคราะห์อัตราการหายใจ จุลินทรีย์ และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตลอดจนค่าคงที่ของวิตามินซี แคโรทีนอยด์ และฟีนอลิก ทำการวิเคราะห์ทั้งตัวอย่างแครอทที่ผ่านการเคลือบและตัวอย่างควบคุม พบว่าการใช้ไคโตซานเป็นสารเคลือบสามารถรักษาลักษณะปรากฏและลดการเกิดสีขาวบริเวณผิวที่มีการตัดแต่งของแครอทแท่งระหว่างการเก็บ การใช้ไคโตซานเคลือบและเก็บไว้ภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้ นอกจากนี้การเคลือบยังช่วยลดอัตราการหายใจของแครอทแท่งอย่างเห็นได้ชัด ปริมาณวิตามินซีและแคโรทีนอยด์มีปริมาณลดลงระหว่างการเก็บโดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวอย่างที่เคลือบด้วยไคโตซาน ในด้านปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด พบว่ามีปริมาณลดลงในตัวอย่างที่ใช้สารเคลือบร่วมกับการเก็บภายใต้สภาวะ O_2 และ CO_2 ปานกลาง ขณะที่ตัวอย่างที่มีการควบคุมให้มีสภาวะ O_2 และ CO_2 ต่ำร่วมกับการเคลือบด้วยไคโตซาน สามารถรักษาคุณภาพและเพิ่มปริมาณฟีนอลิกในแครอทแท่งได้

Vargas et al. (2009) ศึกษาผลของการประยุกต์ใช้ไคโตซานเป็นสารเคลือบที่สามารถบริโภคได้ โดยเทคนิคการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศต่อคุณภาพการเก็บรักษาแครอทสดตัดแต่ง โดยประยุกต์ใช้สารเคลือบที่มีส่วนผสมของไคโตซาน ทำได้โดยการแช่ตัวอย่างแครอทในสารละลายที่สามารถทำให้เกิดฟิล์มได้ จัดเป็นฟิล์มของโพลีแซ็กคาไรด์ที่มีส่วนประกอบของกรดโอเลอิก และเมทิลเซลลูโลส ทั้งมีการใช้และไม่มีการใช้การแช่ระบบสุญญากาศ จากผลการทดลองพบว่าตัวอย่างที่ใช้วิธีการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการเคลือบด้วยไคโตซาน ซึ่งบทบาทของการแช่ระบบสุญญากาศแบบเป็นจังหวะช่วยเพิ่มการยึดเกาะของฟิล์มได้ดีกว่า ช่วยชักนำให้ได้ชั้นเคลือบที่หนาและมีความสม่ำเสมอจากการกระจายตัวของฟิล์มบนผิวตัวอย่าง และยังพบการเพิ่มขึ้น

ของสมบัติการทนต่อการแทรกผ่านของไอน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ช่วยรักษาพฤติกรรมเชิงกลในระหว่างกระบวนการเก็บ รวมถึงยังไม่มีผลต่อการปรับเปลี่ยนรูปแบบการหายใจของตัวอย่าง นอกจากนี้จากการประยุกต์ใช้เทคนิคการแช่ในสภาวะสุญญากาศยังช่วยชะลอการเกิดฝ้าขาวในตัวอย่าง

Hern´andez-Mu˜noz et al. (2006) ศึกษาผลของการจุ่มในสารละลายแคลเซียมกลูโคเนทและการเคลือบไคโตซานเพื่อยืดอายุการเก็บสตรอเบอร์รี่ (*Fragariaxananassa*) ศึกษาโดยการวิเคราะห์ผลของการเตรียมขั้นต้นด้วยการแช่ตัวอย่างสตรอเบอร์รี่ในสารละลายที่ประกอบด้วย ไคโตซาน 1.5% ร่วมกับแคลเซียมกลูโคเนท 1% และตัวอย่างที่จุ่มแคลเซียมกลูโคเนท 1% เพียงอย่างเดียว จากนั้นนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 4 วัน จากผลการทดลองพบว่าการจุ่มสตรอเบอร์รี่ในสารละลายแคลเซียมกลูโคเนทร่วมด้วย มีผลทำให้ความเสียหายของผิวสตรอเบอร์รี่น้อยลงและชะลอการเน่าเสียที่เกิดจากเชื้อรา ลดการสูญเสียความแน่นเนื้อเมื่อเทียบกับสตรอเบอร์รี่ที่ไม่จุ่มแคลเซียม ส่วนการเคลือบด้วยไคโตซาน 1.5% ร่วมกับการจุ่มแคลเซียมกลูโคเนท 1% ไม่มีการเน่าเสียที่เกิดจากเชื้อราและมีการสูญเสียน้ำหนักลดลง ไคโตซานช่วยลดอัตราการสุกของสตรอเบอร์รี่ ส่วนแคลเซียมช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับสตรอเบอร์รี่

Panarese et al. (2013) ศึกษากลไกการถ่ายโอนมวลสารของแอปเปิ้ลและผักโขมที่ผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ พบว่าเมื่อเพิ่มระดับความรุนแรงของสภาวะสุญญากาศมากขึ้นจากความดัน 450 มิลลิบาร์ เป็น 330 และ 150 มิลลิบาร์ มีผลทำให้เนื้อเยื่อฉีกขาดและได้รับความเสียหายจากแรงกลที่มากระทำมากขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

วัตถุดิบและสารเคมี

1) สาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*) รับจากศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง จังหวัดเพชรบุรี
2) ว่านหางจระเข้พันธุ์บาร์บาร์เดนซิส *(Aloes vera L.)* รับจากจังหวัดสมุทรปราการ
3) ไคโตซาน บริษัท ต้าหมิง เอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด
4) กรดซิตริก บริษัท Mallinckrodt Baker
5) คลอรีน บริษัท Acuchor
6) โซเดียมไฮดรอกไซด์ บริษัท Merck

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) เครื่องปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump) Buchi รุ่น Vacuum Controller V-500 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
2) เครื่องปั่นผสมโฮโมจิไนเซอร์ (Homogenizer high mixer dispenser) Polyron รุ่น Model ET 2000 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
3) เครื่องบดอาหาร (Blender) Warring commercial รุ่น HGBTWT ประเทศสหรัฐอเมริกา
4) เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง Sortorius รุ่น BA610 ประเทศเยอรมนี
5) เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง Sortorius รุ่น BA 211S ประเทศเยอรมนี
6) เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter) Schott รุ่น Lab 850 set ประเทศเยอรมนี
7) กล้องกำลังขยายสูง Dino-Lite รุ่น AM413T-FIT-Dino-Lite Pro ประเทศจีน
8) ถุงพลาสติกชนิด Nylon/LDPE ขนาด 7x11 เซนติเมตร
9) อุปกรณ์สำหรับทดสอบทางประสาทสัมผัส
10) อุปกรณ์เครื่องแก้ว
11) อุปกรณ์งานครัว

วิธีดำเนินการทดลอง

ตอนที่ 1 การศึกษาผลของการลวก การใช้ไคโตซานและว่านหางจระเข้ต่อคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา

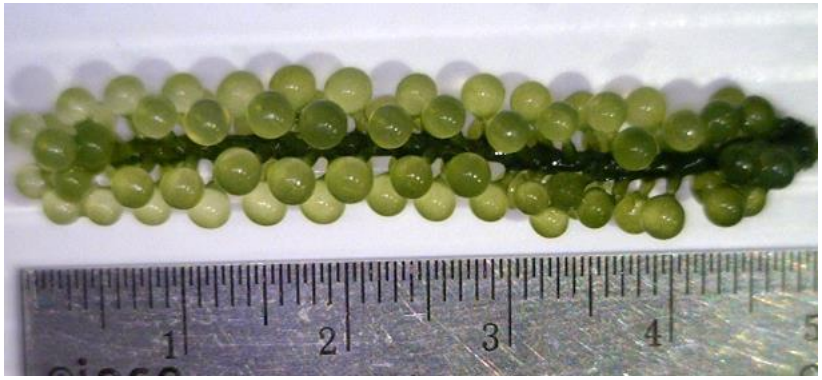
ในขั้นตอนนี้จึงต้องการศึกษาผลของการลวก การเคลือบผิวอาหารด้วยสารเคลือบที่สามารถบริโภคได้ คือ ไคโตซานและว่านหางจระเข้ต่อคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษาเปรียบเทียบกับตัวควบคุม คือ สาหร่ายพวงองุ่นสดที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้น การลวกเป็นการเตรียมขั้นต้นวัตถุดิบก่อนการเก็บรักษาที่สามารถช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ทำลายและลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่บนผิวนอกของวัตถุดิบก่อนการเก็บรักษาได้ (Saencom et al., 2011) การใช้เทคนิคการเคลือบผิวอาหารด้วยสารเคลือบที่สามารถบริโภคได้สามารถยืดอายุการเก็บอาหารได้เนื่องจากช่วยลดการระเหยของน้ำ ทำให้ลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการสังเคราะห์เอทิลีน ขัดขวางการเข้าออกของก๊าซ และสามารถปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุได้ (กษวรรณ ผาพรม, 2552; Martínez-Romero et al., 2013) การทดลองขั้นตอนนี้ดำเนินการเพื่อพิจารณาแนวโน้มความเป็นไปได้ในการเลือกใช้สารเคลือบที่เหมาะสม สำหรับการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมสารเคลือบในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 3-1 สิ่งทดลองจากการแปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้

สิ่งทดลองที่	การลวก	ชนิดของสารเคลือบ
1	ลวก	ไคโตซาน
2	ไม่ลวก	ไคโตซาน
3	ลวก	ว่านหางจระเข้
4	ไม่ลวก	ว่านหางจระเข้
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด	

การเตรียมสาหร่ายพวงองุ่น

ใช้สาหร่ายพวงองุ่นอายุประมาณ 2 เดือน คัดเลือกสาหร่ายพวงองุ่นที่มีลักษณะปรากฏดี มีเม็ดสีเขียวเรียงตัวกันแน่นเป็นช่อ และไม่มีตำหนิ ตัดแต่งให้มีความยาวช่อประมาณ 5 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 3-1 ล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง แล้วแช่ในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 0.002% เป็นเวลา 5 นาที สะเด็ดน้ำโดยวางบนตะแกรง โดยสาหร่ายพวงองุ่นที่เตรียมถึงขั้นตอนนี้คือตัวควบคุม



ภาพที่ 3-1 ลักษณะช่อของสาหร่ายพวงองุ่นที่ใช้ในงานวิจัย

การลวกสาหร่ายพวงองุ่น

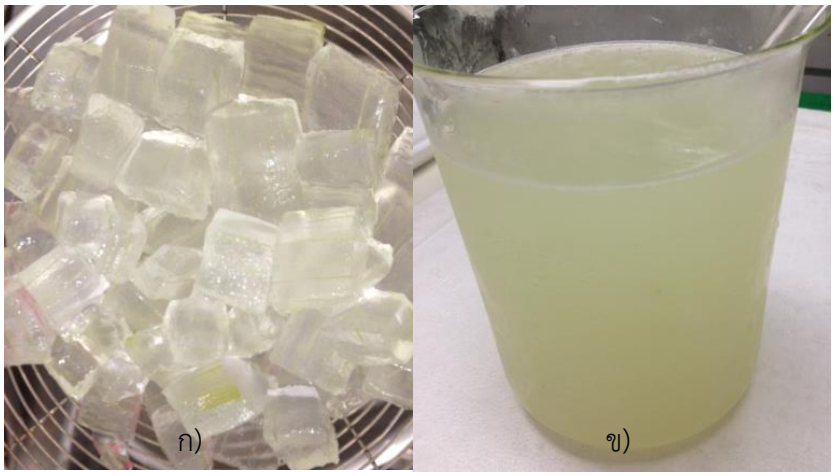
ทำได้โดยนำสาหร่ายพวงองุ่นที่เตรียมได้มาลวกในน้ำอุณหภูมิ 60 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาที กำหนดปริมาตรน้ำที่ใช้ลวก 1 ลิตร ต่อสาหร่าย 160 กรัม และใช้เตาไฟฟ้าในการควบคุมอุณหภูมิ เมื่อลวกครบกำหนดเวลา ทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที

การเตรียมสารละลายไคโตซาน

ชั่งไคโตซานเพื่อเตรียมสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0% เตรียมโดยนำมาละลายในน้ำกลั่น และเติมกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.4 % เพื่อช่วยในการละลายของไคโตซาน ให้ความร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (ดัดแปลงจาก Vargas et al., 2009)

การเตรียมเจลว่านหางจระเข้

ใช้ใบว่านหางจระเข้อายุประมาณ 1 ปี ที่มีขนาดใบยาว 45 เซนติเมตร และมีเส้นรอบวงส่วนที่กว้างที่สุดประมาณ 12 เซนติเมตร ล้างใบว่านหางจระเข้ให้สะอาดด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง แล้วแช่ในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 0.002% เป็นเวลา 5 นาที ตัดส่วนปลายแหลม และบริเวณขอบของว่านหางจระเข้ออก เพื่อแยกส่วนเปลือกออกจากส่วนเจล และหั่นเป็นชิ้นขนาดประมาณ 1×1×1 เซนติเมตร ลักษณะตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 3-2 ก) นำเนื้อเจลมาล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง และล้างผ่านน้ำอุ่น 2 ครั้ง ทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที แล้วสะเด็ดน้ำโดยวางบนตะแกรง นำมาบดให้ขนาดชิ้นเล็กลงด้วยเครื่องบดอาหารเป็นเวลา 30 วินาที และนำไปบดต่อด้วยเครื่องปั่นผสมโฮโมจิไนเซอร์เป็นเวลา 2 นาที เพื่อให้ได้เจลที่ละเอียดและเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น แยกเอาส่วนกากที่มีลักษณะเป็นเส้นออกด้วยการกรองผ่านตะแกรงสแตนเลสขนาด 50 เมช นำเจลที่ได้มาปรับพีเอชเป็น 4.8±0.1 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล เพื่อควบคุมพีเอชของวัตถุดิบเจลว่านหางจระเข้เริ่มต้นให้เท่ากันตลอดการทดลอง (ดัดแปลงจากวิธีของ Martínez-Romero et al., 2013; Navarro et al., 2011)



ภาพที่ 3-2 ลักษณะของชิ้นว่านหางจระเข้หลังแยกส่วนเปลือกออก ก) และเจลที่ได้หลังการบดด้วยเครื่องปั่นผสมโฮโมจิไนเซอร์ ข)

การเคลือบสาหร่ายพวงองุ่น

ทำได้โดยนำสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านหรือไม่ผ่านการลวกตามสิ่งทดลองที่กำหนด มาเคลือบด้วยสารละลายสารเคลือบไคโซแซนหรือเจลว่านหางจระเข้ที่เตรียมไว้ โดยการแช่ชิ้นสาหร่ายลงในสารเคลือบ ในการเคลือบแต่ละครั้งกำหนดใช้ปริมาตรสารเคลือบ 150 มิลลิลิตร โดยบรรจุในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ใช้สาหร่ายพวงองุ่นน้ำหนัก 30 กรัม และแช่เป็นเวลา 4 นาที เมื่อครบเวลานำมาวางเรียงบนตะแกรงเป็นเวลา 5 นาที (ดัดแปลงจาก Martínez-Romero et al., 2013; Vargas et al., 2009)

การบรรจุและเก็บรักษา

ทำได้โดยนำสาหร่ายพวงองุ่นสด (ตัวควบคุม) และสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นตามสิ่งทดลองที่กำหนด มาบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/LDPE ขนาด 7x11 เซนติเมตร โดยกำหนดปริมาณสาหร่ายพวงองุ่นถุงละประมาณ 30 กรัม ปิดผนึกสนิทและเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน (ดัดแปลงจากวิธีของ Martínez-Romero et al., 2013)

การวิเคราะห์คุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

สุ่มตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 และ 15 วัน มาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

- ค่าสี ด้วยเครื่อง Colorimeter รายงานเป็นค่า L* a* และ b*
- การสูญเสียน้ำหนัก
- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2001)
- ปริมาณยีสต์และรา (BAM, 2001)
- การประเมินความสด (Freshness) ของตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นหลังการนำมาคืนรูปโดยการแช่ในน้ำสะอาด ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับความสดโดยรวม ใช้วิธีการให้คะแนนการยอมรับจาก 0-10 คะแนน โดยคะแนน 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว

5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และ 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 6 คน (ดัดแปลงจาก Martínez-Romero et al., 2013)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test ด้วยโปรแกรม SPSS Version 23

เกณฑ์การตัดสิน

พิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา โดยให้ความสำคัญลำดับแรกกับคุณภาพด้านความปลอดภัยในการบริโภค โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์เทียบเคียงได้แก่ ผักและผลไม้ตัดแต่ง (พร้อมบริโภค) (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) ที่กำหนดว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 6 log CFU/g (1×10^6 CFU/g) ปริมาณยีสต์ต้องน้อยกว่า 4 log CFU/g (1×10^4 CFU/g) และราต้องน้อยกว่า 2.7 log CFU/g (500 CFU/g)

เลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมจากการผ่านเกณฑ์ด้านความปลอดภัยสำหรับการบริโภคตลอดการเก็บรักษา และได้รับคะแนนการยอมรับด้านความสดสูง รวมถึงมีแนวโน้มมีการเปลี่ยนแปลงน้อยและสามารถเก็บรักษาได้นาน โดยพิจารณาร่วมกับคุณภาพด้านอื่นๆ ที่วัดได้

ตอนที่ 2 การศึกษาผลของการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ต่อคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา

เนื่องจากการลวกเป็นการเตรียมขั้นต้นวัตถุดิบก่อนการเก็บรักษาที่สามารถช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ทำลายและลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่บนผิวนอกของวัตถุดิบก่อนการเก็บรักษาได้ (Saencom et al., 2011) รวมถึงการใช้กรดร่วมด้วยมีส่วนช่วยในการยืดอายุการเก็บอาหารได้เช่นกัน เนื่องจากกรดจะมีผลให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในอาหารนั้นต้องเสียพลังงานในการรักษาความสมดุลให้ของเหลวในช่องว่างระหว่างเซลล์มีความเป็นกลาง ทำให้จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตต่ำ กรดจึงสามารถป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ (สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2549; Derossi et al., 2011)

ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงต้องการศึกษาผลของการลวก การเคลือบผิวอาหารด้วยสารเคลือบที่สามารถบริโภคได้ คือ เจลว่านหางจระเข้ โดยการใช้กรดซิตริกร่วมด้วยต่อคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา โดยศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 2 ปัจจัยร่วมกันโดยมีรายละเอียดดังนี้คือ

ปัจจัยที่ 1 การลวกในน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาที แปรเป็น 2 ระดับ คือ ลวก และไม่ลวก

ปัจจัยที่ 2 ความเข้มข้นของกรดซิตริก แปรเป็น 2 ระดับ คือ 0.5% และ 1.0%

จัดสิ่งทดลองแบบ 2x2 Factorial design ได้เป็น 4 สิ่งทดลอง และเปรียบเทียบกับตัวควบคุม คือ สาหร่ายพวงองุ่นสดที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้น รายละเอียดสิ่งทดลองทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 3-2 สำหรับการเตรียมสาหร่ายพวงองุ่น การเตรียมเจลว่านหางจระเข้ และการลวกดำเนินการเหมือนในตอนที่ 1

ตารางที่ 3-2 สิ่งทดลองที่ได้จากการแปรปัจจัยการลวก ความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้

สิ่งทดลองที่	การลวก	ความเข้มข้นของกรดซิตริก (%)
1	ลวก	0.5
2		1.0
3	ไม่ลวก	0.5
4		1.0
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด	

การเติมกรดซิตริกในเจลว่านหางจระเข้

ทำได้โดยนำเจลว่านหางจระเข้ ซึ่งผ่านการปรับพีเอชให้เป็น 4.8±0.1 แล้วมาแบ่งของเหลวจากเจลว่านหางจระเข้มาบางส่วน ชั่งกรดซิตริกตามความเข้มข้นที่กำหนด นำกรดซิตริกมาละลายกับของเหลวก่อน เมื่อกรดละลายหมดแล้วจึงเติมกลับเข้าไปในเจลว่านหางจระเข้ แล้วคนผสมให้เข้ากัน โดยพบว่าสารละลายที่เติมกรดซิตริก 0.5% และ 1.0% มีพีเอชเท่ากับ 2.8±0.1 และ 3.1±0.1 ตามลำดับ

การเคลือบสาหร่ายพวงองุ่นด้วยเจลว่านหางจระเข้

ทำได้โดยนำสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านหรือไม่ผ่านการลวกตามสิ่งทดลองที่กำหนด มาเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้ที่เตรียมไว้ โดยการแช่ชิ้นสาหร่ายลงในสารเคลือบ ในการเคลือบแต่ละครั้งกำหนดใช้ปริมาตรสารเคลือบ 150 มิลลิลิตร โดยบรรจุในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ใช้สาหร่ายพวงองุ่นน้ำหนัก 30 กรัม และแช่เป็นเวลา 4 นาที เมื่อครบเวลานำมาวางเรียงบนตะแกรงเป็นเวลา 5 นาที (ดัดแปลงจาก Martínez-Romero et al., 2013; Vargas et al., 2009)

การบรรจุและเก็บรักษา

ทำได้โดยนำสาหร่ายพวงองุ่นสด (ตัวควบคุม) และสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นตามสิ่งทดลองที่กำหนด มาบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/LDPE ขนาด 7x11 เซนติเมตร โดยกำหนดปริมาณสาหร่ายพวงองุ่นถุงละประมาณ 30 กรัม ปิดผนึกสนิทและเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน (ดัดแปลงจากวิธีของ Martínez-Romero et al., 2013)

การวิเคราะห์คุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

สุ่มตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 5 10 และ 15 วัน มาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

- ค่าสี ด้วยเครื่อง Colorimeter รายงานเป็นค่า L* a* และ b*
- การสูญเสียน้ำหนัก
- ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2000)
- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2001)
- ปริมาณยีสต์และรา (BAM, 2001)

- การประเมินความสด (Freshness) ของตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นหลังการนำมาคืนรูปโดยการแช่ในน้ำสะอาด ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับความสดโดยรวม ใช้วิธีการให้คะแนนการยอมรับจาก 0-10 คะแนน โดยคะแนน 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว 5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และ 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 6 คน (ดัดแปลงจาก Martínez-Romero et al., 2013)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test ด้วยโปรแกรม SPSS Version 23

เกณฑ์การตัดสิน

พิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา โดยให้ความสำคัญลำดับแรกกับคุณภาพด้านความปลอดภัยในการบริโภค โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์เทียบเคียงได้แก่ ผักและผลไม้ตัดแต่ง (พร้อมบริโภค) (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) ที่กำหนดว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 6 log CFU/g (1×10^6 CFU/g) ปริมาณยีสต์ต้องน้อยกว่า 4 log CFU/g (1×10^4 CFU/g) และราต้องน้อยกว่า 2.7 log CFU/g (500 CFU/g)

เลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมจากการผ่านเกณฑ์ด้านความปลอดภัยสำหรับการบริโภคตลอดการเก็บรักษา และได้รับคะแนนการยอมรับด้านความสดสูง รวมถึงมีแนวโน้มมีการเปลี่ยนแปลงน้อยและสามารถเก็บรักษาได้นาน โดยพิจารณาร่วมกับคุณภาพด้านอื่นๆ ที่วัดได้

ตอนที่ 3 การศึกษาผลของเวลาการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศต่อคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา

การใช้เทคนิคการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ (Vacuum impregnation) เป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านการกระจายตัวและการฟอร์มฟิล์มที่มีลักษณะหนา จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเคลือบให้ดีขึ้น (Vargas et al., 2009) อย่างไรก็ตามความรุนแรงของการใช้สภาวะสุญญากาศก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงต่อความเหมาะสมสำหรับอาหารแต่ละชนิด (Fito, 1995) หากใช้สภาวะที่รุนแรงเกินไปอาจมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์บางประการได้ โดยเฉพาะกรณีสาหร่ายพวงองุ่นมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาเป็นเม็ดกลมที่มีของเหลวภายใน การใช้แรงกลจากสภาวะสุญญากาศอาจมีผลต่อการรั่วไหลของสารพฤกษเคมีที่สำคัญด้วยและหากใช้สภาวะที่รุนแรงน้อยเกินไปอาจไม่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของการเคลือบ

ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงต้องการศึกษาผลของเวลาการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศต่อคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา โดยแปรเวลาการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ 4 ระดับ ดังนี้ 0 1 3 และ 5 นาที กำหนดใช้ความดัน 500 มิลลิบาร์ แล้วแช่ต่อที่สภาวะบรรยากาศเป็นเวลา 4 นาที (ดัดแปลงจาก วิธีของ Derossi et al., 2011) รายละเอียดของสิ่งทดลองแสดงดังตารางที่ 3-3

การเคลือบสาหร่ายพวงองุ่นด้วยเจลว่านหางจระเข้ภายใต้สภาวะสุญญากาศ

เตรียมตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นและสารเคลือบเจลว่านหางจระเข้ตามวิธีที่เลือกได้จากตอนที่ 2 การแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ ทำได้โดยการแช่ชิ้นสาหร่ายลงในสารเคลือบภายใต้สภาวะ

สุญญากาศ ในการเคลือบแต่ละครั้งกำหนดใช้ปริมาตรสารเคลือบ 150 มิลลิลิตร ใช้สาหร่ายพวงองุ่นน้ำหนัก 30 กรัม โดยบรรจุในขวดรูปชมพู่ ปิดขวดรูปชมพู่ด้วยจุกยางให้เป็นระบบปิดและเชื่อมต่อกับปั๊มสุญญากาศ และแช่ในสารเคลือบตามเวลาที่กำหนด เมื่อครบเวลานำไปแช่ต่อที่สภาวะบรรยากาศเป็นเวลา 4 นาที แล้วนำสาหร่ายวางเรียงบนตะแกรงเป็นเวลา 5 นาที (ดัดแปลงจาก วิธีของ Vargas et al., 2009)

ตารางที่ 3-3 รายละเอียดสิ่งทดลองที่ได้จากการแปรเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)
1 (ตัวควบคุม)	0
2	1
3	3
4	5

การบรรจุและเก็บรักษา

ทำได้โดยนำสาหร่ายพวงองุ่นสด (ตัวควบคุม) และสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นตามสิ่งทดลองที่กำหนด มาบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/LDPE ขนาด 7x11 เซนติเมตร โดยกำหนดปริมาณสาหร่ายพวงองุ่นถุงละประมาณ 30 กรัม ปิดผนึกสนิทและเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน (ดัดแปลงจากวิธีของ Martínez-Romero et al., 2013)

การวิเคราะห์คุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

สุ่มตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 5 10 และ 15 วัน มาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

- ค่าสี ด้วยเครื่อง Colorimeter รายงานเป็นค่า L* a* และ b*
- การสูญเสียน้ำหนัก
- ความแน่นเนื้อ ด้วยเครื่อง Texture analyzer
- ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2000)
- ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (ดัดแปลงจาก ลัดดาวัลย์ คำมะปะนา, 2551)
- ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Wolfe et al., 2003)
- สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (%inhibition) (ดัดแปลงจาก Zhu et al, 2006)
- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2001)
- ปริมาณยีสต์และรา (BAM, 2001)
- การประเมินความสด (Freshness) ของตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นหลังการนำมาคืนรูปโดยการแช่ในน้ำสะอาดด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับความสดโดยรวม ใช้วิธีการให้คะแนนการยอมรับจาก 0-10 คะแนน โดยคะแนน 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว 5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และ 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 6 คน (ดัดแปลงจาก Martínez-Romero et al., 2013)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test ด้วยโปรแกรม SPSS Version 23

เกณฑ์การตัดสิน

พิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา โดยให้ความสำคัญลำดับแรกกับคุณภาพด้านความปลอดภัยในการบริโภค โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์เทียบเคียงได้แก่ ผักและผลไม้ตัดแต่ง (พร้อมบริโภค) (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) ที่กำหนดว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 6 log CFU/g (1×10^{6} CFU/g) ปริมาณยีสต์ต้องน้อยกว่า 4 log CFU/g (1×10^{4} CFU/g) และราต้องน้อยกว่า 2.7 log CFU/g (500 CFU/g)

เลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมจากการผ่านเกณฑ์ด้านความปลอดภัยสำหรับการบริโภคตลอดการเก็บรักษา ได้รับคะแนนการยอมรับด้านความสดสูง มีปริมาณสารพฤกษเคมีคงอยู่ในปริมาณสูง รวมถึงมีแนวโน้มมีการเปลี่ยนแปลงน้อยและสามารถเก็บรักษาได้นาน โดยพิจารณาร่วมกับคุณภาพด้านอื่นๆ ที่วัดได้

ตอนที่ 4 การถ่ายทอดเทคโนโลยีและความรู้ที่ได้จากการวิจัยสู่ชุมชน

จัดการถ่ายทอดเทคโนโลยีและความรู้ที่ได้แก่ชุมชน โดยการจัดทำเอกสารเผยแพร่ให้ความรู้เชิงเทคนิคในการเก็บรักษาสาหร่ายพวงองุ่นพร้อมบริโภคให้สามารถยืดอายุการเก็บได้ โดยดำเนินการประสานงานส่งมอบให้กับองค์การบริหารส่วนตำบลและหน่วยงานต่างๆ เพื่อเผยแพร่ต่อให้กับผู้สนใจ เช่น กลุ่มวิสาหกิจชุมชน กลุ่มผู้เลี้ยงสาหร่าย เป็นต้น

บทที่ 4

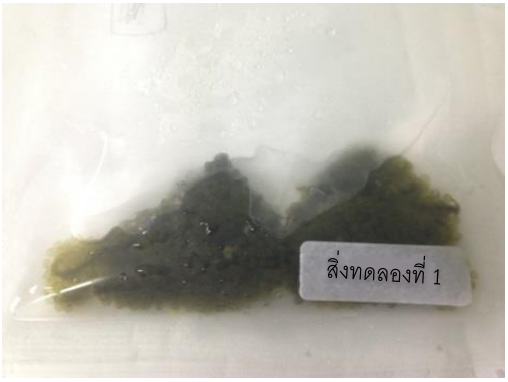
ผลการทดลองและวิจารณ์

ตอนที่ 1 ผลของการลวก การใช้ไคโตซานและว่านหางจระเข้ต่อคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา

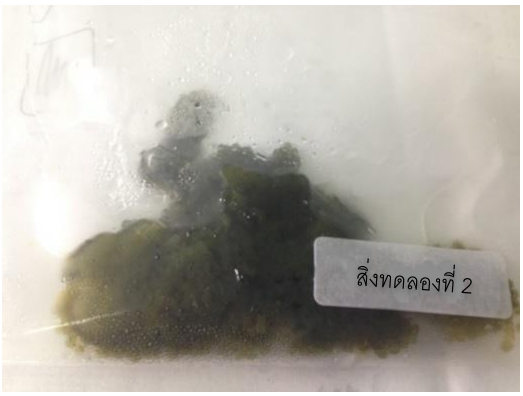
จากการนำสาหร่ายพวงองุ่นมาเตรียมขั้นต้นโดยแปรปัจจัยการลวก และการเคลือบผิวอาหารด้วยสารเคลือบที่สามารถบริโภคได้ คือ ไคโตซานและว่านหางจระเข้ ลักษณะของสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเตรียมขั้นต้นแสดงดังภาพที่ 4-1 นำมาเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน เมื่อสุ่มตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นมาวิเคราะห์คุณภาพ ผลการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

1) ค่าสี L* a* และ b*

ผลการวิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b* ของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-1, 4-2 และ 4-3 ตามลำดับ วิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสีและรายงานในระบบ CIE LAB พบว่ามีค่า a* เป็นลบ (-) แสดงถึงสีเขียว ค่า b* เป็นบวก (+) แสดงถึงสีเหลือง สำหรับที่ระยะเวลาการเก็บ 0 วัน (หลังการเตรียมขั้นต้น) พบว่าสิ่งทดลองที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นทุกสิ่งทดลองมีแนวโน้มค่าสี L* a* และ b* แตกต่างจากสาหร่ายพวงองุ่นสดที่เป็นตัวควบคุม (L*=15.85 a*= -3.25 และ b*=7.14) โดยสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการเตรียมขั้นต้น มีแนวโน้มค่าสี L* เพิ่มขึ้น (18.69-22.23) แสดงว่าเมื่อผ่านการเตรียมขั้นต้นทำให้สาหร่ายมีความสว่างมากขึ้น ค่าสี a* ลดลง ((-2.04) ถึง (-2.84)) แสดงว่าเมื่อผ่านการเตรียมขั้นต้นทำให้สาหร่ายมีความเป็นสีเขียวลดลง รวมทั้งค่าสี b* เพิ่มขึ้น (9.11-12.11) แสดงว่าเมื่อผ่านการเตรียมขั้นต้นทำให้สาหร่ายมีความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น ทั้งที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 และ 15 วัน สิ่งทดลองที่ผ่านการลวก (สิ่งทดลองที่ 1 และ 3) มีแนวโน้มให้ค่าสี L* มากกว่าสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการลวก (สิ่งทดลองที่ 2 และ 4) โดยชนิดของสารเคลือบที่ใช้พบแนวโน้มไม่มีผลต่อค่าสี L* สำหรับค่าสี a* พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน สิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการลวก (สิ่งทดลองที่ 2 และ 4) มีแนวโน้มให้ค่าสี a* มากกว่าสิ่งทดลองที่ผ่านการลวก (สิ่งทดลองที่ 1 และ 3) โดยชนิดของสารเคลือบที่ใช้พบแนวโน้มไม่มีผลต่อค่าสี a*



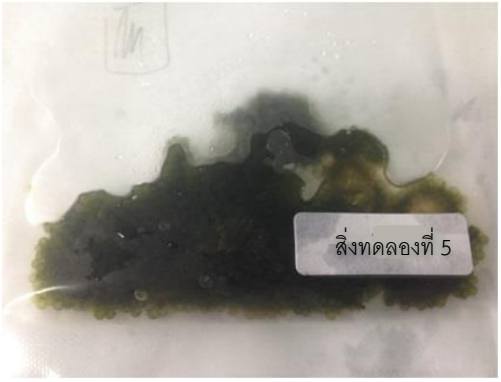
(ก) สิ่งทดลองที่ 1 (ลวก,ไคโตซาน)



(ข) สิ่งทดลองที่ 2 (ไม่ลวก,ไคโตซาน)

(ค) สิ่งทดลองที่ 3 (ลวก,ว่านหางจระเข้)

(ง) สิ่งทดลองที่ 4 (ไม่ลวก,ว่านหางจระเข้)



(จ) สาหร่ายพวงองุ่นสด

ภาพที่ 4-1 ลักษณะของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวก การใช้ไคโตซานและว่านหางจระเข้ ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 วัน (ก่อนการคืนรูป) (ก) สิ่งทดลองที่ 1 (ลวก,ไคโตซาน) (ข) สิ่งทดลองที่ 2 (ไม่ลวก,ไคโตซาน) (ค) สิ่งทดลองที่ 3 (ลวก,ว่านหางจระเข้) (ง) สิ่งทดลองที่ 4 (ไม่ลวก,ว่านหางจระเข้) และ (จ) สาหร่ายพวงองุ่นสด

ตารางที่ 4-1 ค่าสี L* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน

สิ่งทดลองที่	การลวก	ชนิดของสารเคลือบ	ค่าเฉลี่ยค่าสี L* ± SD	
			0 วัน	15 วัน
1	ลวก	ไคโตซาน	22.23±0.19[c]	15.87±0.35[c]
2	ไม่ลวก	ไคโตซาน	19.09±0.11[b]	20.38±0.45[b]
3	ลวก	ว่านหางจระเข้	21.05±0.87[c]	15.24±0.17[c]
4	ไม่ลวก	ว่านหางจระเข้	18.69±0.80[b]	21.30±0.80[b]
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		15.85±0.91[a]	16.21±0.89[a]

[a,b,c] คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-2 ค่าสี a* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน

สิ่งทดลองที่	การลวก	ชนิดของสารเคลือบ	ค่าเฉลี่ยค่าสี a* ± SD	
			0 วัน	15 วัน
1	ลวก	ไคโตซาน	-2.11±0.22[b]	-1.30±0.30[b]
2	ไม่ลวก	ไคโตซาน	-2.04±0.51[b]	-2.17±0.21[a]
3	ลวก	ว่านหางจระเข้	-2.14±0.32[b]	-1.09±0.09[b]
4	ไม่ลวก	ว่านหางจระเข้	-2.84±0.42[b]	-2.21±0.01[a]
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		-3.25±0.21[a]	-2.16±0.11[a]

[a,b,c] คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-3 ค่าสี b* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน

สิ่งทดลองที่	การลวก	ชนิดของสารเคลือบ	ค่าเฉลี่ยค่าสี b* ± SD	
			0 วัน	15 วัน
1	ลวก	ไคโตซาน	12.11±0.41[a]	8.87±0.32[a]
2	ไม่ลวก	ไคโตซาน	9.51±0.09[a]	11.37±0.74[a]
3	ลวก	ว่านหางจระเข้	11.14±0.41[a]	8.27±0.24[a]
4	ไม่ลวก	ว่านหางจระเข้	9.11±0.23[a]	11.97±0.21[a]
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		7.14±0.21[a]	9.51±0.80[a]

[a,b,c] คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2) การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่สำคัญประการหนึ่ง จริงแท้ ศิริพานิช (2544) กล่าวว่าในระหว่างการเก็บรักษาผักผลไม้ยังคงมีการหายใจ ในกระบวนการหายใจ พืชใช้พลังงานที่สะสมไว้ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ร่วมกับการใช้ออกซิเจน มีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมา เป็นผลให้ผักผลไม้ระหว่างการเก็บรักษามีโอกาสสูญเสียน้ำหนักได้

จากผลการทดลองในตารางที่ 4-4 พบว่า ที่เวลาการเก็บรักษา 15 วัน สิ่งทดลองที่ใช้ไคโตซานเป็นสารเคลือบมีค่าการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าสิ่งทดลองที่ใช้เจลว่านหางจระข้เป็นสารเคลือบ ($p<0.05$) สาหร่ายพวงองุ่นที่ใช้ไคโตซานเป็นสารเคลือบมีค่าการสูญเสียน้ำหนัก อยู่ในช่วง 0.58-0.69% ในขณะที่สาหร่ายพวงองุ่นที่ใช้เจลว่านหางจระเข้เป็นสารเคลือบมีค่าการสูญเสียน้ำหนัก อยู่ในช่วง 0.48-0.51% แสดงให้เห็นว่าการเตรียมขั้นต้นสาหร่ายพวงองุ่นโดยใช้เจลว่านหางจระเข้มีส่วนช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่า อย่างไรก็ตามโดยภาพรวมสาหร่ายพวงองุ่นมีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บไม่มากนัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากตามธรรมชาติของตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นมีความชื้นมาก (90-95%) เมื่อเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส จึงอาจมีการคายน้ำออกมาไม่มากนักหรืออาจกล่าวได้ว่ากระบวนการหายใจของสาหร่ายพวงองุ่นที่เกิดกับทุกสิ่งทดลอง ซึ่งมีการใช้พลังงานที่สะสมไว้ร่วมกับการใช้ออกซิเจน อาจมีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมาในอัตราไม่แตกต่างกันมากนัก

ตารางที่ 4-4 การสูญเสียน้ำหนักของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 15 วัน

สิ่งทดลองที่	การลวก	ชนิดของสารเคลือบ	ค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก ± SD (%)
1	ลวก	ไคโตซาน	0.69 ± 0.11^{d}
2	ไม่ลวก	ไคโตซาน	0.58 ± 0.20^{c}
3	ลวก	ว่านหางจระเข้	0.51 ± 0.19^{b}
4	ไม่ลวก	ว่านหางจระเข้	0.48 ± 0.09^{a}
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		0.53 ± 0.08^{c}

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-5 พบว่า ที่เวลาการเก็บรักษา 0 วัน ตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นสดมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.06 log CFU/g แสดงให้เห็นว่าการทำความสะอาดเบื้องต้นโดยการล้างน้ำสะอาดและการแช่สาหร่ายพวงองุ่นสดในสารละ ลายคลอรีนความเข้มข้น 0.002% อาจมีส่วนช่วยให้เกิดการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนเบื้องต้นได้ โดยยังมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ น้อยกว่า 6 log CFU/g (1×10^6 CFU/g) (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นทุกวิธี มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงจากสาหร่ายพวงองุ่นสดมาก โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.50-3.98 log CFU/g ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ในขณะที่ตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นสดซึ่งไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่า 6 log CFU/g (7.59 log CFU/g) จึงไม่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค (ไม่นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และราของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-6 และ 4-7 ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์เทียบเคียง ได้แก่ ผักและผลไม้ตัดแต่ง (พร้อมบริโภค) กำหนดว่าปริมาณยีสต์ต้องน้อยกว่า 4 log CFU/g (1×10^4 CFU/g) และราต้องน้อยกว่า 2.7 log CFU/g (500 CFU/g) (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) พบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน ตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นตรวจพบยีสต์ อยู่ในช่วง 1.54-1.97 est. log CFU/g ส่วนปริมาณรามีน้อยกว่า 1.0 est. log CFU/g ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด จึงแสดงว่ายังคงมีความปลอดภัยสำหรับการบริโภค

ตารางที่ 4-5 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน

สิ่งทดลองที่	การลวก	ชนิดของสารเคลือบ	ค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ± SD (log CFU/g)	
			0 วัน	15 วัน
1	ลวก	ไคโตซาน	2.50±0.07[a]	3.52±0.09[a]
2	ไม่ลวก	ไคโตซาน	3.98±0.05[a]	4.17±0.09[a]
3	ลวก	ว่านหางจระเข้	2.55±0.05[a]	3.59±0.05[a]
4	ไม่ลวก	ว่านหางจระเข้	3.74±0.05[a]	4.54±0.08[a]
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		5.06±0.05[b]	7.59±0.12[b]

[a,b,c] คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-6 ปริมาณยีสต์ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน

สิ่งทดลองที่	การลวก	ชนิดของสารเคลือบ	ค่าเฉลี่ยปริมาณยีสต์ ± SD (log CFU/g)	
			0 วัน	15 วัน
1	ลวก	ไคโตซาน	1.57±0.07[a]	1.97±0.09[a]
2	ไม่ลวก	ไคโตซาน	1.51±0.05[a]	1.68±0.05[a]
3	ลวก	ว่านหางจระเข้	1.44±0.08[a]	1.64±0.28[a]
4	ไม่ลวก	ว่านหางจระเข้	1.18±0.01[a]	1.54±0.51[a]
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		2.84±0.51[b]	3.11±0.50[b]

[a,b,c] คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-7 ปริมาณราของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน

สิ่งทดลองที่	การลวก	ชนิดของสารเคลือบ	ค่าเฉลี่ยปริมาณรา ± SD (log CFU/g)	
			0 วัน	15 วัน
1	ลวก	ไคโตซาน	<1.0 est	<1.0 est
2	ไม่ลวก	ไคโตซาน	<1.0 est	<1.0 est
3	ลวก	ว่านหางจระเข้	<1.0 est	<1.0 est
4	ไม่ลวก	ว่านหางจระเข้	<1.0 est	<1.0 est
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		<1.0 est	<1.0 est

4) การประเมินความสด

การประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับความสดโดยรวม โดยให้คะแนน 0-10 คะแนน ตามความหมายดังนี้ 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว 5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และ 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด โดยลักษณะตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการฝึกฝนผู้ทดสอบมีลักษณะดังภาพที่ 4-2

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับความสดโดยรวมของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-8, 4-9, 4-10, 4-11 และ 4-12 ตามลำดับ พบว่า ที่การเก็บรักษา 0 วัน (หลังการเตรียมขั้นต้น) ทุกสิ่งทดลองได้รับคะแนนการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และรสชาติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) โดยได้รับคะแนนการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และรสชาติ อยู่ในช่วง 9.04-10.00 แต่พบว่าคะแนนการประเมินความสดด้านสี และการยอมรับความสดโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยคะแนนการประเมินความสด

(ก) ตัวอย่างที่มีลักษณะสดมากที่สุด (คะแนน=10)

(ข) ตัวอย่างที่มีลักษณะยังเป็นที่ยอมรับ (คะแนน=5)

(ค) ตัวอย่างที่มีลักษณะเน่าเสียแล้ว (คะแนน=0)

ภาพที่ 4-2 ลักษณะตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่น (หลังการคืนรูปโดยการแช่ในน้ำสะอาด) ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการฝึกฝนผู้ทดสอบ เพื่อการประเมินความสด โดยให้คะแนน 0-10 คะแนน ตามความหมายดังนี้ (ก) คะแนน 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด (ข) คะแนน 5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และ (ค) คะแนน 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว

ด้านสีอยู่ในช่วง 7.16-10.00 และคะแนนความสดโดยรวมอยู่ในช่วง 7.08-10.00 แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นมีผลต่อความสดด้านสีและการยอมรับความสดโดยรวม อย่างไรก็ตามจากการพิจารณาคะแนนการยอมรับความสดโดยรวมที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน พบว่า ตัวอย่างที่ผ่านวิธีการเตรียมขั้นต้นได้รับคะแนนการประเมินความสดโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) อยู่ในช่วง 5.08-5.29 ซึ่งหมายถึงยังคงได้รับการยอมรับด้านความสดจากผู้บริโภค แต่เมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับความสดด้านต่างๆ พบว่า มีบางลักษณะที่ได้รับคะแนนการยอมรับความสดอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ต้องปรับปรุงวิธีการเตรียมขั้นต้นต่อไป

ตารางที่ 4-8 คะแนนการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน

สิ่งทดลองที่	การลวก	ชนิดของสารเคลือบ	ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏ ± SD	
			0 วัน [ns]	15 วัน
1	ลวก	ไคโตซาน	9.04±0.47	2.10±0.40[b]
2	ไม่ลวก	ไคโตซาน	9.10±0.27	2.89±035[a]
3	ลวก	ว่านหางจระเข้	9.11±0.81	2.04±0.60[b]
4	ไม่ลวก	ว่านหางจระเข้	9.18±0.43	2.62±0.42[a]
5 (ตัวควบคุม)		สาหร่ายพวงองุ่นสด	10.00±0.00	-

[ns] คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

[a,b,c] คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

- ไม่ได้ประเมินทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4-9 คะแนนการประเมินความสดด้านสีของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน

สิ่งทดลองที่	การลวก	ชนิดของสารเคลือบ	ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินความสดด้านสี ± SD	
			0 วัน	15 วัน
1	ลวก	ไคโตซาน	7.36±0.08[b]	3.07±0.65[b]
2	ไม่ลวก	ไคโตซาน	7.16±0.24[b]	3.99±0.35[a]
3	ลวก	ว่านหางจระเข้	7.24±0.56[b]	3.01±0.69[b]
4	ไม่ลวก	ว่านหางจระเข้	7.38±0.41[b]	3.69±0.82[a]
5 (ตัวควบคุม)		สาหร่ายพวงองุ่นสด	10.00±0.00[a]	-

[a,b,c] คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

- ไม่ได้ประเมินทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4-10 คะแนนการประเมินความสดด้านกลิ่นของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน

สิ่งทดลองที่	การลวก	ชนิดของสารเคลือบ	ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินความสดด้านกลิ่น ± SD	
			0 วัน [ns]	15 วัน
1	ลวก	ไคโตซาน	9.11±0.14	5.09±0.49[b]
2	ไม่ลวก	ไคโตซาน	9.10±0.09	5.89±0.55[a]
3	ลวก	ว่านหางจระเข้	9.19±0.47	6.04±0.60[a]
4	ไม่ลวก	ว่านหางจระเข้	9.34±0.60	6.61±0.40[a]
5 (ตัวควบคุม)		สาหร่ายพวงองุ่นสด	10.00±0.00	-

[ns] คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

[a,b,c] คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

- ไม่ได้ประเมินทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4-11 คะแนนการประเมินความสดด้านรสชาติของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน

สิ่งทดลองที่	การลวก	ชนิดของสารเคลือบ	ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินความสดด้านรสชาติ ± SD	
			0 วัน [ns]	15 วัน [ns]
1	ลวก	ไคโตซาน	9.04±0.32	6.19±0.49
2	ไม่ลวก	ไคโตซาน	9.11±0.24	6.09±0.55
3	ลวก	ว่านหางจระเข้	9.12±0.78	6.12±0.60
4	ไม่ลวก	ว่านหางจระเข้	9.39±0.14	6.25±0.40
5 (ตัวควบคุม)		สาหร่ายพวงองุ่นสด	10.00±0.00	-

[ns] คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

- ไม่ได้ประเมินทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4-12 คะแนนการประเมินความสดโดยรวมของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและชนิดของสารเคลือบที่ใช้การลวก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 และ 15 วัน

สิ่งทดลองที่	การลวก	ชนิดของสารเคลือบ	ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินความสดด้านความสดโดยรวม ± SD	
			0 วัน	15 วัน[ns]
1	ลวก	ไคโตซาน	7.11±0.33[b]	5.08±0.15
2	ไม่ลวก	ไคโตซาน	7.08±0.20[b]	5.09±0.37
3	ลวก	ว่านหางจระเข้	7.15±0.50[b]	5.21±0.22
4	ไม่ลวก	ว่านหางจระเข้	7.18±0.54[b]	5.29±0.32
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		10.00±0.00[a]	-

[ns] คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

[a,b,c] คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

- ไม่ได้ประเมินทางประสาทสัมผัส

5) การเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสม

จากเกณฑ์ในการคัดเลือกสิ่งทดลองที่กำหนดคือ เลือกสิ่งทดลองที่ผ่านเกณฑ์ด้านความปลอดภัยสำหรับการบริโภคตลอดการเก็บรักษา และได้รับคะแนนการยอมรับด้านความสดสูง รวมถึงมีแนวโน้มมีการเปลี่ยนแปลงน้อยและสามารถเก็บรักษาได้นาน จากผลการทดลองพิจารณาได้ว่าทุกสิ่งทดลองผ่านเกณฑ์ด้านความปลอดภัยสำหรับการบริโภคตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 6 log CFU/g (1×10^6 CFU/g) ปริมาณยีสต์น้อยกว่า 4 log CFU/g (1×10^4 CFU/g) และปริมาณราน้อยกว่า 2.7 log CFU/g (500 CFU/g) แต่พบว่าสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งใช้ไคโตซานเป็นสารเคลือบมีแนวโน้มค่าการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 ที่ใช้เจลว่านหางจระข้เป็นสารเคลือบ ($p<0.05$) จึงเลือกการเตรียมขั้นต้นด้วยการใช้สารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ไปพัฒนากรรมวิธีการเตรียมขั้นต้นในขั้นตอนต่อไป

ตอนที่ 2 ผลของการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ต่อคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา

จากการนำสาหร่ายพวงองุ่นมาเตรียมขั้นต้นโดยการแปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ และนำมาเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน เมื่อสุ่มตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นมาวิเคราะห์คุณภาพ ผลการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

1) ค่าสี L* a* และ b*

ผลการวิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b* ของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-13, 4-14 และ 4-15 ตามลำดับ วิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสีและรายงานในระบบ CIE LAB พบว่ามีค่า a* เป็นลบ (-) แสดงถึงสีเขียว ค่า b* เป็นบวก (+) แสดงถึงสีเหลือง และพบว่าที่เวลาการ

เก็บรักษาเดียวกันค่าสี L* a* และ b* ของสาหร่ายพวงองุ่นแต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับที่ระยะเวลาการเก็บ 0 วัน (หลังการเตรียมขั้นต้น) พบว่าสิ่งทดลองที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นทุกสิ่งทดลองมีแนวโน้มค่าสี L* a* และ b* แตกต่างจากสาหร่ายพวงองุ่นสดที่เป็นตัวควบคุม (L*=15.16 a*= -3.84 และ b*=7.77) โดยสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการเตรียมขั้นต้น มีแนวโน้มค่าสี L* เพิ่มขึ้น (18.78-21.94) แสดงว่าเมื่อผ่านการเตรียมขั้นต้นทำให้สาหร่ายมีความสว่างมากขึ้น ค่าสี a* ลดลง ((-1.94) ถึง (-2.95)) แสดงว่าเมื่อผ่านการเตรียมขั้นต้นทำให้สาหร่ายมีความเป็นสีเขียวลดลง รวมทั้งค่าสี b* เพิ่มขึ้น (9.28-12.00) แสดงว่าเมื่อผ่านการเตรียมขั้นต้นทำให้สาหร่ายมีความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น

เนื่องจากการลวกเป็นการให้ความร้อนกับตัวอย่างมีผลทำให้โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบเกิดการตกตะกอน (Coagulation) ได้ ในกรณีการลวกพืชที่มีสีเขียว รงควัตถุที่สำคัญ คือ คลอโรฟิลล์จึงสามารถแยกตัวออกมาจากโปรตีนได้ง่าย คลอโรฟิลล์จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไป สีเขียวของคลอโรฟิลล์จึงไม่บริสุทธิ์เหมือนสีเขียวของพืชสด (พรชัย ราชตนะพันธุ์ และคณะ, 2550) นอกจากนี้เมื่อคลอโรฟิลล์ได้รับความร้อน อะตอมแมกนีเซียมที่อยู่ตรงศูนย์กลางของวงแหวนพอร์ไพริน (Porphyrin ring) อาจหลุดออกได้ง่ายขึ้น และสามารถถูกแทนที่ด้วยอะตอมของไฮโดรเจน กลายเป็นโมเลกุลของฟีโอไฟติน (Pheophytin) ซึ่งการเปลี่ยนของโครงสร้างนี้เองที่ทำให้สีเขียวสดของพืชเปลี่ยนเป็นสีเขียวมะกอก (Olive green) ถึงสีเขียวอมน้ำตาล (Olive brown) และหากมีอะตอมไฮโดรเจนมากขึ้น สามารถทำปฏิกิริยาต่อได้เป็นโมเลกุลของฟีโอโฟรไบด์ (Pheophobride) ซึ่งมีสีน้ำตาล (สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี, 2554) สำหรับการใช้กรดร่วมด้วยในการเตรียมขั้นต้น สาหร่ายพวงองุ่นถูกเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้ที่มีสภาวะเป็นกรด โดยกรดเป็นปัจจัยที่กระตุ้นให้ปริมาณอะตอมของไฮโดรเจนเพิ่มขึ้น ทำให้มีโอกาสที่อะตอมแมกนีเซียมที่อยู่ตรงศูนย์กลางของวงแหวนพอร์ไพริน (Porphyrin ring) ถูกแทนที่ด้วยอะตอมของไฮโดรเจนมากขึ้น จึงเป็นการเพิ่มโอกาสให้คลอโรฟิลล์เปลี่ยนโครงสร้างเป็นฟีโอไฟตินได้มากขึ้นนั่นเอง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544)

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 5 วัน ยังคงพบแนวโน้มค่าสี L* a* และ b* คล้ายกันกับที่ 0 วัน กล่าวคือ สิ่งทดลองที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นมีแนวโน้มค่าสี L* และค่าสี b* มากกว่าสาหร่ายพวงองุ่นที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้น ในขณะที่ค่าสี a* มีแนวโน้มต่ำกว่า หรือกล่าวได้ว่าการเตรียมขั้นต้นทำให้สาหร่ายพวงองุ่นมีความสว่างและมีความเป็นสีเหลืองมากขึ้น ในขณะที่ความเป็นสีเขียวลดลง และพบข้อสังเกตว่าตลอดการเก็บรักษา 0 และ 5 วัน สิ่งทดลองที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นที่รุนแรงน้อยที่สุด คือ สิ่งทดลองที่ 3 ซึ่งไม่ผ่านการลวกและใช้กรดซิตริกความเข้มข้นน้อยที่สุด มีค่าสี L* a* และ b* ใกล้เคียงกับสาหร่ายพวงองุ่นสดมากกว่าสิ่งทดลองอื่น

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นตั้งแต่ 10 ถึง 15 วัน พบว่าแนวโน้มค่าสี L* a* และ b* แตกต่างไปจากที่เก็บรักษา 0 และ 5 วัน สำหรับค่าสี L* และค่าสี b* พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายกันใน 2 กลุ่ม กลุ่มแรก คือ สิ่งทดลองที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยการลวกและใช้กรดซิตริกร่วมด้วย (สิ่งทดลองที่ 1 และ 2) มีค่าสี L* และค่าสี b* ไม่แตกต่างจากสาหร่ายพวงองุ่นที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้น และพบว่าสิ่งทดลองดังกล่าวมีแนวโน้มค่าสี L* และค่าสี b* ลดลงจากการเก็บรักษา 5 วัน ที่มีค่าสีอยู่ในช่วงเท่ากับ 21.07-22.46 และ 10.90-11.43 ตามลำดับ เป็นค่าสี L* และค่าสี b* เมื่อเก็บรักษา 10 ถึง 15 วัน อยู่ในช่วงเท่ากับ 15.58-17.76 และ 8.37-9.98 ตามลำดับ

และกลุ่มที่สอง คือ สิ่งทดลองที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยใช้กรดซิตริกร่วมด้วยแต่ไม่มีการลวก (สิ่งทดลองที่ 3 และ 4) มีค่าสี L* และค่าสี b* มากกว่าสาหร่ายพวงองุ่นที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้น และพบว่าสิ่งทดลองดังกล่าวมีแนวโน้มค่าสี L* และค่าสี b* เพิ่มขึ้นจากการเก็บรักษา 5 วัน ที่มีค่าสีอยู่ในช่วงเท่ากับ 19.54–21.78 และ 10.15–10.38 ตามลำดับ เป็นค่าสี L* และค่าสี b* เมื่อเก็บรักษา 10 ถึง 15 วัน อยู่ในช่วงเท่ากับ 20.68–24.24 และ 11.60–11.76 ตามลำดับ

ในขณะที่เมื่อพิจารณาค่าสี a* พบว่าสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการลวกและใช้กรดซิตริกความเข้มข้นต่ำที่สุด (สิ่งทดลองที่ 3) มีค่าสี a* ไม่แตกต่างจากสาหร่ายพวงองุ่นที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้น และพบว่าสิ่งทดลองที่ 3 ที่มีแนวโน้มค่าสี a* ลดลงจากการเก็บรักษา 5 วัน น้อยกว่าตัวอย่างอื่น โดยพบว่าที่การเก็บรักษา 15 วัน ยังคงมีค่าสี a* เท่ากับ -2.24 ซึ่งไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองควบคุม ที่มีค่าสี a* เท่ากับ -2.41 ($p \geq 0.05$) ในขณะที่สิ่งทดลองอื่นมีค่าสี a* อยู่ในช่วง (-0.86) ถึง (-1.36) ลักษณะของสาหร่ายพวงองุ่นที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 วัน และ 15 วัน ของทุกสิ่งทดลอง แสดงดังภาพที่ 4-3 และ 4-4 ตามลำดับ

2) การสูญเสียน้ำหนัก

การเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีการลวก มีผลทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของผักผลไม้อ่อนตัวลง เพิ่มโอกาสในการแพร่ของน้ำออกจากเซลล์ทำให้ผักผลไม้เกิดการสูญเสียน้ำหนักได้ (Escobar et al., 2007) แต่การเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บได้ เนื่องจากการเคลือบผิวด้วยเจลว่านหางจระเข้สามารถช่วยปิดรูเปิดตามธรรมชาติ ทำให้เกิดการเก็บรักษาแบบดัดแปลงบรรยากาศโดยอัตโนมัติ เป็นผลให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยจากการหายใจน้อยลง และปริมาณออกซิเจนในวัตถุดิบสูงขึ้น ส่งผลให้ช่วยชะลอกระบวนการหายใจ จึงลดการสลายตัวของสารอินทรีย์ที่สะสมอยู่ มีผลให้การสูญเสียน้ำหนักน้อยลง อีกทั้งสารเคลือบจากเจลว่านหางจะเข้ยังมีองค์ประกอบของมิวซิเลจส์ (Mucilages) เมื่อละลายน้ำมีสมบัติเป็นสารข้นหนืดสามารถเคลือบผิวพืชได้ จึงช่วยลดการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์พืช ทำให้ลดการสูญเสียน้ำหนักและยังมีสมบัติขวางกั้นการแพร่ผ่านของออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และสารละลายต่างๆได้ จึงช่วยลดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีต่างๆระหว่างการเก็บรักษาได้ (พัชราภรณ์ วชิวศิริ, 2550; มงคล อินทะหลุก, 2548) ผลการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-16 พบว่า ที่เวลาการเก็บรักษา 5 10 และ 15 วัน ค่าการสูญเสียน้ำหนักของสาหร่ายพวงองุ่นในแต่ละสิ่งทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) สาหร่ายพวงองุ่นที่ไม่ผ่านและผ่านการเตรียมขั้นต้นแต่ละวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเมื่อเก็บรักษา 5 10 และ 15 วัน อยู่ในช่วง 0.07-0.12% 0.31-0.42% และ 0.36-0.52% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเตรียมขั้นต้นสาหร่ายพวงองุ่นไม่ได้ช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำหนักหรือส่งเสริมให้มีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น จนสามารถตรวจวิเคราะห์ถึงความแตกต่างกับการไม่เตรียมขั้นต้นได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากตามธรรมชาติของตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นมีความชื้นมาก (90-95%) เมื่อเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส จึงอาจมีการคายน้ำออกมาไม่มากนักหรืออาจกล่าวได้ว่ากระบวนการหายใจของสาหร่ายพวงองุ่นที่เกิดกับทุกสิ่งทดลอง ซึ่งมีการใช้พลังงานที่สะสมไว้ร่วมกับการใช้ออกซิเจน อาจมีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมาในอัตราไม่แตกต่างกันมากนัก จนไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างสิ่งทดลอง

ตารางที่ 4-13 ค่าสี L* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	การลวก	ความเข้มข้นของกรดซิตริก (%)	ค่าเฉลี่ยค่าสี L* ± SD			
			0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน
1	ลวก	0.5	21.49 ± 0.89^{cB}	21.07 ± 0.21^{cB}	16.58 ± 0.78^{aA}	15.94 ± 1.10^{aA}
2	ลวก	1.0	21.94 ± 0.59^{cB}	22.46 ± 0.44^{cB}	17.76 ± 0.36^{aA}	15.58 ± 1.43^{aA}
3	ไม่ลวก	0.5	18.78 ± 0.68^{bA}	19.54 ± 0.59^{bAB}	20.68 ± 0.71^{bAB}	21.36 ± 0.97^{bB}
4	ไม่ลวก	1.0	20.94 ± 0.21^{cA}	21.78 ± 0.29^{cAB}	22.88 ± 0.58^{cB}	24.24 ± 0.68^{cC}
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		15.16 ± 1.34^{aA}	16.09 ± 0.99^{aA}	16.65 ± 0.13^{aA}	15.88 ± 0.47^{aA}

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-14 ค่าสี a* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	การลวก	ความเข้มข้นของกรดซิตริก (%)	ค่าเฉลี่ยค่าสี a* ± SD			
			0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน
1	ลวก	0.5	-2.18±0.24^{cA}	-1.72±0.09^{cAB}	-1.20±0.26^{cB}	-1.18±0.37^{bB}
2	ลวก	1.0	-1.94±0.12^{cA}	-1.76±0.16^{cA}	-1.46±0.20^{bcAB}	-0.86±0.48^{bB}
3	ไม่ลวก	0.5	-2.95±0.04^{bA}	-2.69±0.03^{bB}	-2.30±0.13^{aC}	-2.24±0.06^{aC}
4	ไม่ลวก	1.0	-2.71±0.13^{bA}	-2.50±0.01^{bA}	-1.73±0.12^{bB}	-1.36±0.08^{bB}
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		-3.84±0.08^{aA}	-3.08±0.16^{aB}	-2.54±0.08^{aC}	-2.41±0.13^{aC}

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-15 ค่าสี b* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	การลวก	ความเข้มข้นของกรดซิตริก (%)	ค่าเฉลี่ยค่าสี b* ± SD			
			0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน
1	ลวก	0.5	11.31 ± 0.18^{cC}	10.90 ± 0.32^{bcC}	9.32 ± 0.25^{aB}	8.37 ± 0.31^{aA}
2	ลวก	1.0	12.00 ± 0.59^{cB}	11.43 ± 0.25^{cB}	9.98 ± 0.16^{aA}	9.49 ± 0.13^{aA}
3	ไม่ลวก	0.5	9.28 ± 0.40^{bA}	10.15 ± 0.18^{bA}	11.76 ± 0.78^{bB}	11.64 ± 0.12^{bB}
4	ไม่ลวก	1.0	9.90 ± 0.30^{bA}	10.38 ± 0.64^{bcA}	11.60 ± 0.19^{bA}	11.66 ± 1.41^{bA}
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		7.77 ± 0.17^{aA}	8.96 ± 0.62^{aAB}	9.26 ± 0.67^{aB}	9.52 ± 0.06^{aB}

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

(ก) สิ่งทดลองที่ 1 (ลวก,Citric 0.5%)

(ข) สิ่งทดลองที่ 2 (ลวก,Citric 1.0%)

(ค) สิ่งทดลองที่ 3 (ไม่ลวก,Citric 0.5%)

(ง) สิ่งทดลองที่ 4 (ไม่ลวก,Citric 1.0%)

(จ) สาหร่ายพวงองุ่นสด

ภาพที่ 4-3 ลักษณะของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 วัน เมื่อผ่านการคืนรูปแล้ว (ก) สิ่งทดลองที่ 1 (ลวก,Citric 0.5%) (ข) สิ่งทดลองที่ 2 (ลวก,Citric 1.0%) (ค) สิ่งทดลองที่ 3 (ไม่ลวก,Citric 0.5%) (ง) สิ่งทดลองที่ 4 (ไม่ลวก,Citric 1.0%) และ (จ) สาหร่ายพวงองุ่นสด

(ก) สิ่งทดลองที่ 1 (ลวก,Citric 0.5%)

(ข) สิ่งทดลองที่ 2 (ลวก,Citric 1.0%)

(ค) สิ่งทดลองที่ 3 (ไม่ลวก,Citric 0.5%)

(ง) สิ่งทดลองที่ 4 (ไม่ลวก,Citric 1.0%)

(จ) สาหร่ายพวงองุ่นสด

ภาพที่ 4-4 ลักษณะของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 15 วัน เมื่อผ่านการคืนรูปแล้ว (ก) สิ่งทดลองที่ 1 (ลวก,Citric 0.5%) (ข) สิ่งทดลองที่ 2 (ลวก,Citric 1.0%) (ค) สิ่งทดลองที่ 3 (ไม่ลวก,Citric 0.5%) (ง) สิ่งทดลองที่ 4 (ไม่ลวก,Citric 1.0%) และ (จ) สาหร่ายพวงองุ่นสด

ตารางที่ 4-16 การสูญเสียน้ำหนักของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	การลวก	ความเข้มข้นของกรดซิตริก (%)	ค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก* ± SD (%)			
			0 วัน	5 วัน ^{ns}	10 วัน ^{ns}	15 วัน ^{ns}
1	ลวก	0.5	-	0.12 ± 0.12^{A}	0.42 ± 0.09^{AB}	0.48 ± 0.08^{B}
2	ลวก	1.0	-	0.07 ± 0.06^{A}	0.39 ± 0.05^{B}	0.50 ± 0.06^{B}
3	ไม่ลวก	0.5	-	0.09 ± 0.12^{A}	0.31 ± 0.01^{AB}	0.36 ± 0.04^{B}
4	ไม่ลวก	1.0	-	0.08 ± 0.08^{A}	0.34 ± 0.03^{B}	0.39 ± 0.02^{B}
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		-	0.11 ± 0.00^{A}	0.41 ± 0.07^{B}	0.52 ± 0.09^{B}

^{ns} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ไม่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* คำนวณจากน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงจากที่ระยะเวลาการเก็บ 0 วัน

3) ปริมาณกรดทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-17 พบว่าที่เวลาการเก็บรักษา 0 วัน (หลังการเตรียมขั้นต้น) สิ่งทดลองที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยการลวกและใช้กรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% มีปริมาณกรดทั้งหมดสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากการลวกสามารถทำลายผนังเซลล์ของพืชบางส่วน กรดซิตริกจากสารเคลือบจึงมีโอกาสแพร่ผ่านเข้าไปในเซลล์สาหร่ายได้มากกว่าตัวอย่างอื่น เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดของทุกสิ่งทดลองมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากโดยปกติกรดอินทรีย์ในเซลล์พืชจะมีปริมาณลดลงหลังจากการเก็บเกี่ยว โดยปริมาณกรดส่วนใหญ่มักเป็นกรดซิตริก ซึ่งจัดเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญของกระบวนการหายใจของพืช การลดลงของปริมาณกรดทั้งหมดส่วนหนึ่งจึงเป็นผลจากกระบวนการหายใจของพืช เมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้นและตัวอย่างยังมีการหายใจ จึงมีแนวโน้มให้ปริมาณกรดทั้งหมดลดลง (รักษา อิสรคัมภีร์, 2545)

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 10 และ 15 วัน พบว่าสิ่งทดลองที่มีการใช้กรดซิตริกร่วมด้วย 1.0% (สิ่งทดลองที่ 2 และ 4) มีปริมาณกรดทั้งหมดสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากเป็นตัวอย่างที่มีปริมาณกรดเริ่มต้นสูง แม้ในระหว่างการเก็บจะมีการสูญเสียกรดบางส่วนไปจากกระบวนการหายใจ แต่ก็มีปริมาณกรดสะสมเริ่มต้นในสาหร่ายพวงองุ่นสูงกว่าตัวอย่างที่มีปริมาณกรดเริ่มต้นต่ำกว่า

เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บต่อปริมาณกรดทั้งหมดของสิ่งทดลองเดียวกัน เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น 5 10 และ 15 วัน พบว่ามีปริมาณกรดทั้งหมดลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นสิ่งทดลองที่ใช้กรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% (สิ่งทดลองที่ 2 และ 4) พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษา 5 วัน มีปริมาณกรดทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณกรดทั้งหมดที่การเก็บรักษา 0 วัน ($p\geq0.05$) อาจเนื่องมาจากสิ่งทดลองที่ใช้กรดซิตริกความเข้มข้น 1.0% มีปริมาณกรดทั้งหมดเริ่มต้นสูงที่สุด เมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาสั้นเพียง 5 วัน แม้จะมีการสูญเสียปริมาณกรดบางส่วนไปในกระบวนการหายใจ แต่ยังคงมีปริมาณกรดทั้งหมดที่สะสมอยู่ในปริมาณมาก โดยยังไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดในระยะเวลาเก็บรักษาระยะสั้นนี้

ตารางที่ 4-17 ปริมาณกรดทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	การลวก	ความเข้มข้นของกรดซิตริก (%)	ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดทั้งหมด ± SD (%)			
			0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน
1	ลวก	0.5	0.25 ± 0.01^{bA}	0.15 ± 0.04^{cB}	0.12 ± 0.00^{bB}	0.10 ± 0.01^{bB}
2	ลวก	1.0	0.31 ± 0.01^{aA}	0.27 ± 0.02^{aA}	0.18 ± 0.02^{aB}	0.17 ± 0.03^{aB}
3	ไม่ลวก	0.5	0.17 ± 0.02^{cA}	0.11 ± 0.00^{cB}	0.10 ± 0.02^{bB}	0.09 ± 0.00^{bB}
4	ไม่ลวก	1.0	0.22 ± 0.00^{bA}	0.21 ± 0.02^{bAB}	0.17 ± 0.01^{aBC}	0.16 ± 0.23^{aC}
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		0.03 ± 0.00^{dA}	0.03 ± 0.00^{dA}	0.02 ± 0.00^{cB}	0.01 ± 0.00^{cC}

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-18 ตามเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์เทียบเคียง ได้แก่ ผักและผลไม้ตัดแต่ง (พร้อมบริโภค) กำหนดว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 6 log CFU/g (1×10^6 CFU/g) (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) จากผลการทดลองพบว่า ที่เวลาการเก็บรักษา 0 วัน ตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นสดมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.06 log CFU/g แสดงให้เห็นว่าการทำความสะอาดเบื้องต้นโดยการล้างน้ำสะอาดและการแช่สาหร่ายพวงองุ่นสดในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 0.002% อาจมีส่วนช่วยให้เกิดการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนเบื้องต้นได้ โดยยังมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นกลุ่มที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นทุกวิธี มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงจากสาหร่ายพวงองุ่นสดมาก โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.96-3.16 log CFU/g ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นที่การเก็บรักษา 5 วัน พบว่าตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นสดมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ คือปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 6.35 log CFU/g เนื่องจากสภาวะการเก็บสาหร่ายพวงองุ่นที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นใดๆ เอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับสาหร่าย จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่จะทำให้เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ (Vargas et al., 2009) ส่วนสิ่งทดลองอื่นๆ มีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แสดงว่าวิธีการเตรียมขั้นต้นที่ใช้สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นให้มีปริมาณลดลงได้ และในกรณีใช้เจลว่านหางจระเข้เคลือบสาหร่ายพวงองุ่นสามารถช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากสารอะโลอิน (Aloin) ที่มีอยู่ในเจลว่านหางจระเข้มีความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้ (จิตตา สาตร์เพ็ชร์, 2551) และสารละลายกรดซิตริกที่ใช้ร่วมด้วยทำให้มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น จุลินทรีย์จึงเจริญเติบโตได้ยากขึ้น (สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2549; Derossi et al., 2011) ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าการเตรียมขั้นต้นด้วยการลวกในน้ำเป็นเวลา 60 วินาที รวมถึงการเติมกรดซิตริกในเจลว่านหางจระเข้และการเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้ มีส่วนช่วยทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนลดจำนวนลงได้อย่างมาก

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ผลการตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นเมื่อเก็บรักษา 15 วัน อยู่ในช่วง 3.24-3.64 log CFU/g การที่ตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น เมื่อการเก็บรักษานานขึ้นอาจเนื่องมาจากสภาวะการเก็บเอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิด Kilcast & Subramaniam (2000) กล่าวว่าการที่จุลินทรีย์สามารถเจริญขึ้นได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Water activity) ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณออกซิเจน แร่ธาตุต่างๆ อุณหภูมิการเก็บรักษา และปริมาณความชื้น เป็นต้น สำหรับจุลินทรีย์เริ่มต้นของสาหร่ายพวงองุ่นที่อาจยังคงปนเปื้อน แม้ผ่านการล้างทำความสะอาด และแช่ในสารสะสายคลอรีน รวมถึงผ่านการเตรียมขั้นต้นทุกวิธี อาจมีโอกาสเจริญเพิ่มจำนวนได้จากสภาวะการเตรียมและการเก็บรักษา กลุ่มของจุลินทรีย์ที่อาจเจริญได้อาจเป็นจุลินทรีย์กลุ่ม *Psychrotrophic bacteria* ซึ่งหมายถึงจุลินทรีย์กลุ่มที่ชอบอุณภูมิปานกลางและทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ ตัวอย่างเช่น *Listeria monocytogenes* และ *Yersinia enterocolitica* กลุ่ม Psychrophilic

bacteria ซึ่งหมายถึงจุลินทรีย์กลุ่มที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ ตัวอย่างเช่น *Pseudomonas* และ *Micrococcus* และกลุ่ม Mesophilic bacteria ซึ่งหมายถึงจุลินทรีย์กลุ่มที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง ตัวอย่างเช่น *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* (อุษณา พรรษา, 2555) อย่างไรก็ตาม ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นทุกสิ่งทดลองไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดตลอดการเก็บรักษา 15 วัน แสดงว่ายังคงมีความปลอดภัยสำหรับการบริโภค

ผลการวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และราของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-19 และ 4-20 ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์เทียบเคียง ได้แก่ ผักและผลไม้ตัดแต่ง (พร้อมบริโภค) กำหนดว่าปริมาณยีสต์ต้องน้อยกว่า 4 log CFU/g (1×10^4 CFU/g) และราต้องน้อยกว่า 2.7 log CFU/g (500 CFU/g) (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน ตัวอย่างกลุ่มที่ผ่านการเตรียมขั้นต้น (สิ่งทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4) ตรวจพบยีสต์ อยู่ในช่วง 1.72-1.92 est. log CFU/g ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด จึงแสดงว่ายังคงมีความปลอดภัยสำหรับการบริโภค และเมื่อพิจารณาสาหร่ายพวงองุ่นสดพบว่า ที่การเก็บ 0 วัน พบปริมาณยีสต์ 2.53 log CFU/g แสดงให้เห็นว่า การล้างน้ำสะอาดและการแช่สาหร่ายพวงองุ่นสดในสารละลายคลอรีนสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ โดยปริมาณยีสต์ยังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา จึงสรุปได้ว่า การเก็บรักษาตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นสดที่ผ่านการเตรียมขั้นต้น โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน ผลิตภัณฑ์สาหร่ายพวงองุ่นยังมีความปลอดภัยสำหรับการบริโภค ทั้งนี้เนื่องมาจากมีขั้นตอนการทำความสะอาดเบื้องต้นที่สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนเบื้องต้นได้ นอกจากนี้การเตรียมขั้นต้นโดยการลวก การใช้กรดซิตริกร่วมด้วย และการเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้สามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ การลวกสามารถช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในเซลล์พืชได้ ทำลายและลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่บนผิวนอกของวัตถุดิบก่อนการเก็บรักษาได้ โดยการลวกจะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์เกิดการเสียสภาพและไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Saencom et al., 2011; Jha & Prasad., 1996) สารอะโลอิน (Aloin) ที่มีอยู่ในเจลว่านหางจระเข้มีความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้เป็นสารต้านจุลชีพ (Antimicrobial) ซึ่งมีคุณสมบัติไปขัดขวางการสร้างผนังเซลของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เยื่อหุ้มเซลล์ ขัดขวางการสร้างโปรตีนของจุลินทรีย์ มีผลต่อจุลินทรีย์ที่กำลังเจริญเติบโตหรือกำลังแบ่งตัว จึงมีส่วนช่วยในการยับยั้งหรือชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (จิตตา สาตร์เพ็ชร์, 2551) อีกทั้งในสภาวะที่มีความเป็นกรดส่งผลให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในอาหาร ต้องเสียพลังงานในการรักษาความสมดุลให้ของเหลวในช่องว่างระหว่างเซลล์มีความเป็นกลาง จึงมีผลให้จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตต่ำ (สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2549; Derossi et al., 2011)

ตารางที่ 4-18 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	การลวก	ความเข้มข้นของกรดซิตริก (%)	ค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ± SD (log CFU/g)			
			0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน
1	ลวก	0.5	2.96 ± 0.02^{aA}	3.12 ± 0.06^{aB}	3.11 ± 0.03^{aB}	3.24 ± 0.03^{aC}
2	ลวก	1.0	3.09 ± 0.05^{aA}	3.09 ± 0.12^{aA}	3.24 ± 0.03^{bA}	3.62 ± 0.09^{aB}
3	ไม่ลวก	0.5	3.04 ± 0.35^{aA}	3.08 ± 0.07^{aA}	3.14 ± 0.28^{aA}	3.45 ± 0.99^{aB}
4	ไม่ลวก	1.0	3.16 ± 0.21^{aA}	3.14 ± 0.04^{aA}	3.26 ± 0.05^{bA}	3.64 ± 0.02^{aB}
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		5.06 ± 0.05^{bA}	6.35 ± 0.28^{bB}	6.86 ± 0.01^{cAB}	7.45 ± 0.66^{bB}

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-19 ปริมาณยีสต์ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	การลวก	ความเข้มข้นของกรดซิตริก (%)	ค่าเฉลี่ยปริมาณยีสต์ ± SD (log CFU/g)			
			0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน
1	ลวก	0.5	1.72 ± 0.03^{aA}	1.88 ± 0.06^{aB}	1.81 ± 0.04^{aAB}	1.87 ± 0.04^{aB}
2	ลวก	1.0	1.77 ± 0.01^{aA}	1.79 ± 0.07^{aA}	1.86 ± 0.11^{aA}	1.82 ± 0.02^{aA}
3	ไม่ลวก	0.5	1.78 ± 0.01^{aA}	1.81 ± 0.04^{aA}	1.88 ± 0.03^{aA}	1.86 ± 0.12^{aA}
4	ไม่ลวก	1.0	1.74 ± 0.06^{aA}	1.82 ± 0.06^{aAB}.	1.90 ± 0.08^{aAB}	1.92 ± 0.03^{aB}
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		2.53 ± 0.50^{bA}	2.62 ± 0.50^{bA}	2.96 ± 0.35^{bB}	3.05 ± 0.12^{bB}

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-20 ปริมาณราของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	การลวก	ความเข้มข้นของกรดซิตริก (%)	ค่าเฉลี่ยปริมาณรา ± SD (log CFU/g)			
			0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน
1	ลวก	0.5	< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.
2	ลวก	1.0	< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.
3	ไม่ลวก	0.5	< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.
4	ไม่ลวก	1.0	< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.

5) การประเมินความสด

การประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับความสดโดยรวม โดยให้คะแนน 0-10 คะแนน ตามความหมายดังนี้ 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว 5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และ 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับความสดโดยรวมของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-21 4-22 4-23 4-24 และ 4-25 ตามลำดับ พบว่าที่การเก็บรักษา 0 วัน (หลังการเตรียมขั้นต้น) ทุกสิ่งทดลองได้รับคะแนนการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และรสชาติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยได้รับคะแนนการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และรสชาติ อยู่ในช่วง 8.50-10.00 แต่พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับคะแนนการประเมินความสดด้านสี และการยอมรับความสดโดยรวม โดยคะแนนการประเมินความสดโดยรวมอยู่ในช่วง 8.33-10.00 ซึ่งยังอยู่ในระดับที่ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับและมีความสด แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นมีแนวโน้มได้รับคะแนนการประเมินความสดด้านสีและการยอมรับความสดโดยรวมแตกต่างกัน

พิจารณาที่การเก็บรักษา 5 วัน พบว่าคะแนนการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และรสชาติ ของทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) มีคะแนนอยู่ช่วง 7.33-8.33, 8.33-8.83 และ 7.50-8.50 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามทุกสิ่งทดลองยังได้รับคะแนนการประเมินความสดมากกว่า 5 แสดงว่าทุกสิ่งทดลองยังมีความสดเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่าที่การเก็บรักษา 15 วัน มีแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลงไป โดยตัวอย่างกลุ่มที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยวิธีการลวก (สิ่งทดลองที่ 1 และ 2) ได้รับคะแนนการประเมินความสดในด้านลักษณะปรากฏ สี และการยอมรับความสดโดยรวม ($p<0.05$) อยู่ในช่วง 1.67-1.83, 1.33-1.50 และ 1.33-1.50 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า 5 คะแนน แสดงว่าตัวอย่างไม่เป็นที่ยอมรับด้านความสด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความร้อนในการลวกมีผลทำให้ผนังเซลล์ถูกทำลาย ส่งผลให้ความสามารถในการดูดน้ำกลับจึงน้อยลง (ทิพวรรณ ทองสุข, 2553) สาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการลวกเมื่อเก็บไว้นานขึ้นจึงมีความสามารถในการดูดน้ำกลับต่ำลง ลักษณะสาหร่ายพวงองุ่นจึงแตกต่างไปจากของสดมาก รวมถึงสีของสาหร่ายพวงองุ่นก็เปลี่ยนแปลงไปจากของสดดังผลการวิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b* ที่แสดงในตารางที่ 4-1, 4-2 และ 4-3 ตามลำดับ

จากการพิจารณาคะแนนการยอมรับความสดโดยรวมที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน พบว่าตัวอย่างที่ผ่านวิธีการเตรียมขั้นต้นด้วยเคลือบเจลว่านหางจระเข้เพียงอย่างเดียว (สิ่งทดลองที่ 3 และ 4) ได้รับคะแนนการประเมินความสดโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) อยู่ในช่วง 5.17-6.33 ซึ่งหมายถึงตัวอย่างกลุ่มนี้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน เนื่องจากการเคลือบสาหร่ายพวงองุ่นด้วยเจลว่านหางจระเข้นั้นเป็นการช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ช่วยลดการสูญเสียน้ำในสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา แล้วยังทำให้สาหร่ายพวงองุ่นมีลักษณะปรากฏที่ดีขึ้น มีความมันวาว และการที่สาหร่ายพวงองุ่นไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยการลวกเป็นการลดโอกาสที่ทำให้ผนังเซลล์สาหร่ายพวงองุ่นถูกทำลาย ทำให้เซลล์เหี่ยวหรือเซลล์แตก นอกจากนี้ความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริกที่ใช้ในระดับ 0.5 และ 1.0% ที่

ผสมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้นั้นอาจไม่ส่งผลทางประสาทสัมผัส เช่น ด้านรสเปรี้ยวที่แตกต่างกันมากนัก ทำให้ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างที่จะส่งผลต่อการให้คะแนนการยอมรับจากการประเมินความสดได้

6) การเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสม

จากเกณฑ์ในการคัดเลือกสิ่งทดลองที่กำหนดคือ เลือกสิ่งทดลองที่ผ่านเกณฑ์ด้านความปลอดภัยสำหรับการบริโภคตลอดการเก็บรักษา และได้รับคะแนนการยอมรับด้านความสดสูง รวมถึงมีแนวโน้มมีการเปลี่ยนแปลงน้อยและสามารถเก็บรักษาได้นาน จากผลการทดลองพิจารณาได้ว่า สิ่งทดลองที่ผ่านเกณฑ์ด้านความปลอดภัยสำหรับการบริโภคตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 6 log CFU/g (1×10^6 CFU/g) ปริมาณยีสต์น้อยกว่า 4 log CFU/g (1×10^4 CFU/g) และปริมาณราน้อยกว่า 2.7 log CFU/g (500 CFU/g) ได้แก่ สิ่งทดลองที่ 1 2 3 และ 4 เมื่อพิจารณาสิ่งทดลองดังกล่าวพบว่า สิ่งทดลองที่ 3 และ 4 ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยการเคลือบเจลว่านหางจระเข้เพียงอย่างเดียว ได้รับคะแนนการยอมรับด้านความสดสูงที่สุดในด้านลักษณะปรากฏและการยอมรับความสดโดยรวม แต่อย่างไรก็ตามพบว่าสิ่งทดลองที่ 3 ซึ่งใช้กรดซิตริกความเข้มข้น 0.5% มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* และ b* น้อยกว่าสิ่งทดลองที่ 4 และมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด รวมถึงสิ่งทดลองที่ 3 มีการใช้กรดซิตริกความเข้มข้นต่ำกว่าสิ่งทดลองที่ 4 ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองสารเคมีน้อยลง เป็นการลดต้นทุนในการผลิตได้ด้วย ดังนั้นสิ่งทดลองที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมขั้นต้นสาหร่ายพวงองุ่น ได้แก่ สิ่งทดลองที่ 3 คือสาหร่ายพวงองุ่นที่ไม่ผ่านการลวกและเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้ที่ผสมกรดซิตริกเข้มข้น 0.5%

ตารางที่ 4-21 คะแนนการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	การลวก	ความเข้มข้นของกรดซิตริก (%)	ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏ* ± SD			
			0 วัน	5 วัน ^{ns}	10 วัน	15 วัน
1	ลวก	0.5	9.33±0.82^{abA}	7.33±0.82^{B}	3.17±1.17^{bcC}	1.83±1.16^{bD}
2	ลวก	1.0	9.00±0.63^{bA}	7.50±1.05^{B}	3.00±0.89^{bC}	1.67±1.63^{bC}
3	ไม่ลวก	0.5	9.67±0.52^{abA}	8.33±1.03^{B}	7.50±1.05^{aBC}	7.0±0.89^{aC}
4	ไม่ลวก	1.0	9.00±0.89^{bA}	8.17±0.98^{AB}	7.00±1.41^{aBC}	5.83±1.17^{aC}
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		10.00±0.00^{a}	-	-	-

^{ns} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ไม่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* ให้คะแนน 0-10 คะแนน โดย คะแนน 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว คะแนน 5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และคะแนน 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด

- ไม่ได้ประเมินทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4-22 คะแนนการประเมินความสดด้านสีของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	การลวก	ความเข้มข้นของกรดซิตริก (%)	ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินความสดด้านสี* ± SD			
			0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน
1	ลวก	0.5	8.17 ± 0.75^{bcA}	6.33 ± 1.03^{cB}	3.16 ± 1.17^{bC}	1.50 ± 1.38^{cD}
2	ลวก	1.0	8.00 ± 0.89^{cA}	7.00 ± 0.89^{bcA}	2.50 ± 1.05^{bB}	1.33 ± 0.82^{cC}
3	ไม่ลวก	0.5	9.17 ± 0.75^{abA}	8.67 ± 0.52^{aA}	7.50 ± 1.05^{aB}	6.83 ± 0.75^{aB}
4	ไม่ลวก	1.0	8.33 ± 1.21^{bcA}	7.50 ± 1.05^{bAB}	6.5 ± 1.05^{aB}	4.83 ± 1.67^{bC}
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		10.00 ± 0.00^{a}	-	-	-

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* ให้คะแนน 0-10 คะแนน โดย คะแนน 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว คะแนน 5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และคะแนน 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด

- ไม่ได้ประเมินทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4-23 คะแนนการประเมินความสดด้านกลิ่นของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	การลวก	ความเข้มข้นของกรดซิตริก (%)	ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินความสดด้านกลิ่น* ± SD			
			0 วัน	5 วัน ^{ns}	10 วัน ^{ns}	15 วัน ^{ns}
1	ลวก	0.5	9.00 ± 0.89^{abA}	8.33 ± 1.21^{A}	6.17 ± 1.47^{B}	6.00 ± 1.41^{B}
2	ลวก	1.0	9.00 ± 0.89^{abA}	8.67 ± 1.03^{A}	6.50 ± 0.55^{B}	5.50 ± 1.87^{B}
3	ไม่ลวก	0.5	8.50 ± 1.22^{bA}	8.83 ± 1.67^{A}	6.50 ± 0.05^{B}	6.50 ± 1.38^{B}
4	ไม่ลวก	1.0	8.83 ± 0.98^{bA}	8.33 ± 1.03^{A}	7.00 ± 0.89^{B}	5.67 ± 1.03^{C}
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		10.00 ± 0.00^{a}	-	-	-

^{ns} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ไม่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* ให้คะแนน 0-10 คะแนน โดย คะแนน 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว คะแนน 5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และคะแนน 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด

- ไม่ได้ประเมินทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4-24 คะแนนการประเมินความสดด้านรสชาติของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	การลวก	ความเข้มข้นของกรดซิตริก (%)	ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินความสดด้านรสชาติ* ± SD			
			0 วัน ^{ns}	5 วัน ^{ns}	10 วัน	15 วัน ^{ns}
1	ลวก	0.5	9.17±0.75^{A}	7.67±0.82^{B}	5.50±1.05^{abC}	5.33±1.37^{C}
2	ลวก	1.0	9.67±0.82^{A}	7.50±1.38^{B}	4.33±1.21^{bC}	5.67±1.50^{C}
3	ไม่ลวก	0.5	9.67±0.52^{A}	8.50±0.84^{A}	6.16±1.67^{aB}	6.67±1.50^{B}
4	ไม่ลวก	1.0	9.17±0.98^{A}	8.00±1.10^{A}	6.33±0.82^{aB}	6.17±1.67^{B}
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		10.00±0.00	-	-	-

^{ns} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ไม่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* ให้คะแนน 0-10 คะแนน โดย คะแนน 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว คะแนน 5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และคะแนน 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด

- ไม่ได้ประเมินทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4-25 คะแนนการประเมินความสดโดยรวมของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เติมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	การลวก	ความเข้มข้นของกรดซิตริก (%)	ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินความสดโดยรวม* ± SD			
			0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน
1	ลวก	0.5	9.00 ± 1.26^{abA}	7.17 ± 0.75^{bcB}	3.33 ± 1.21^{bC}	1.50 ± 1.38^{bD}
2	ลวก	1.0	8.67 ± 0.52^{bA}	6.67 ± 0.82^{cB}	3.33 ± 1.21^{bC}	1.33 ± 1.21^{bD}
3	ไม่ลวก	0.5	9.17 ± 0.75^{abA}	8.50 ± 0.84^{aAB}	7.33 ± 0.82^{aBC}	6.33 ± 1.36^{aC}
4	ไม่ลวก	1.0	8.33 ± 1.03^{bA}	7.83 ± 0.75^{abA}	6.17 ± 1.17^{aB}	5.17 ± 1.17^{aB}
5 (ตัวควบคุม)	สาหร่ายพวงองุ่นสด		10.00 ± 0.00^{aA}	7.00 ± 0.89^{bcB}	3.33 ± 1.03^{bC}	1.33 ± 1.21^{bD}

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* ให้คะแนน 0-10 คะแนน โดย คะแนน 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว คะแนน 5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และคะแนน 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด

- ไม่ได้ประเมินทางประสาทสัมผัส

ตอนที่ 3 ผลของเวลาการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศต่อคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา

จากการนำสาหร่ายพวงองุ่นมาเตรียมขั้นต้นด้วยการเคลือบในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ ที่มีการเติมกรดซิตริกความเข้มข้น 0.5% ตามที่เลือกได้ โดยการแปรปัจจัยเวลาการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ ได้แก่ 1 3 และ 5 นาที โดยกำหนดใช้ความดัน 500 มิลลิบาร์ เปรียบเทียบกับสิ่งทดลองที่ไม่ได้ผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ (ตัวควบคุม) ได้เป็น 4 สิ่งทดลอง นำสาหร่ายพวงองุ่นที่ไม่ผ่านและผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ มาแช่สารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ต่อในสภาวะบรรยากาศเป็นเวลา 4 นาที และนำมาเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน เมื่อสุ่มตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นมาวิเคราะห์คุณภาพ ผลการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

1) ค่าสี L* a* และ b*

ผลการวิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b* ของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-26 4-27 และ 4-28 ตามลำดับ วิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสีและรายงานในระบบ CIE LAB พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันค่าสี L* และค่าสี b* ของสาหร่ายพวงองุ่นแต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 วัน (หลังการเตรียมขั้นต้น) พบว่าสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ (สิ่งทดลองที่ 2 3 และ 4) เป็นเวลามากขึ้น มีแนวโน้มให้ค่าสี L* และค่าสี b* ลดลง แสดงว่าเมื่อผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศนานขึ้น ทำให้สาหร่ายพวงองุ่นมีความสว่างและความเป็นสีเหลืองลดลง

เนื่องจากการลดลงของความดันในสภาวะสุญญากาศทำให้โครงสร้างภายในเซลล์ยุบตัวลง อีกทั้งโครงสร้างเนื้อเยื่อบริเวณเซลล์ผิวนอกสุดของสาหร่ายพวงองุ่นมีลักษณะค่อนข้างบางมาก เมื่อลดความดันลงมีผลให้ผนังเซลล์มีลักษณะอ่อนตัวลง อากาศในช่องว่างระหว่างเซลล์ถูกดูดออกมา และสามารถทำให้เซลล์เกิดการสูญเสียความเต่ง (Fito, 1995; Chafer et al., 2003; ทิพวรรณ ทองสุข, 2553) เมื่อใช้เวลาในการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นเวลานานขึ้นจึงมีโอกาสเพิ่มการสูญเสียสภาพของเซลล์ ส่งผลให้น้ำภายในเซลล์ของสาหร่ายพวงองุ่นมีโอกาสสูญเสียความชื้นจากภายในเซลล์ได้มาก เมื่อนำมาคืนรูปโดยแช่สาหร่ายพวงองุ่นในน้ำ จึงมีโอกาสดูดน้ำกลับได้น้อยลง ทำให้เซลล์ของสาหร่ายเรียงชิดติดกันและมีลักษณะคล้ำลงได้ จึงแสดงผลให้เห็นว่ามีความสว่างและความเป็นสีเหลืองลดลง

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น 5 10 และ 15 วัน ยังคงพบแนวโน้มค่าสี L* และค่าสี b* คล้ายกันกับที่ 0 วัน กล่าวคือ สิ่งทดลองที่ผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นเวลานานขึ้น ค่าสี L* และค่าสี b* ยังคงมีแนวโน้มลดลง

ในขณะเมื่อพิจารณาค่าสี a* พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน ค่าสี a* ของสาหร่ายพวงองุ่นในแต่ละสิ่งทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) สาหร่ายพวงองุ่นที่ไม่ผ่านและผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ มีค่าสี a* ตลอดระยะเวลาการเก็บอยู่ในช่วง (-2.15) ถึง (-2.97) แสดงให้เห็นว่าสภาวะการแช่ด้วยสุญญากาศไม่มีผลต่อสีเขียวของสาหร่ายพวงองุ่น โดยปกติสีเขียวของสาหร่ายพวงองุ่นเกิดจากการมีรงควัตถุคลอโรฟิลล์ โดยคลอโรฟิลล์จะอยู่ในคลอโรพลาสต์ซึ่งอยู่ใกล้กับผนังเซลล์ ในคลอโรพลาสต์มีอนุภาคเล็กๆ เรียกว่า กรานา (Grana) ซึ่งประกอบด้วยลาเมลลา (Lamella) คลอโรฟิลล์อยู่ในลาเมลลาและรวมตัวกับลิปิด โปรตีน และไลโป

โปรตีน (Lipoprotine) จึงค่อนข้างยึดติดแน่นกับผนังเซลล์ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549) ดังนั้นการใช้ความดันสุญญากาศในการเคลือบสาหร่ายซึ่งจัดเป็นการให้แรงกลกระทำกับวัตถุ อาจเป็นผลต่อความแข็งแรงของเซลล์ให้มีการยุบตัวลงเท่านั้น แต่ไม่เกิดการสูญเสียสภาพโครงสร้างของรงควัตถุคลอโรฟิลล์ จนทำให้ความเป็นสีเขียวของสาหร่ายพวงองุ่นลดลง ลักษณะของสาหร่ายพวงองุ่นที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 วัน และ 15 วัน ของทุกสิ่งทดลอง แสดงดังภาพที่ 4-5 และ 4-6 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าสี a* ของสิ่งทดลองเดียวกัน พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ทุกสิ่งทดลองมีแนวโน้มค่าสี a* ลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) การที่สาหร่ายพวงองุ่นมีแนวโน้มค่าสี a* ลดลงเมื่อเก็บไว้นานขึ้นอาจเนื่องจากระหว่างการเก็บรักษาสาหร่ายพวงองุ่น สาหร่ายพวงองุ่นถูกเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้ที่มีสภาวะเป็นกรด โมเลกุลของคลอโรฟิลล์มีโอกาสสลายตัวเปลี่ยนโครงสร้างไปเมื่ออยู่ในสภาวะเป็นกรดนานขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นนั้นเอง โดยกรดเป็นปัจจัยที่กระตุ้นให้อะตอมแมกนีเซียมที่อยู่ตรงศูนย์กลางของวงแหวนพอร์ไพริน (Porphyrin ring) หลุดออกได้ง่ายขึ้น และสามารถถูกแทนที่ด้วยอะตอมของไฮโดรเจนกลายเป็นโมเลกุลของฟีโอไฟติน (Pheophytin) ซึ่งการเปลี่ยนของโครงสร้างนี้เองที่ทำให้สีเขียวสดเปลี่ยนเป็นสีเขียวมะกอก (Olive green) ถึงสีเขียวอมน้ำตาล (Olive brown) (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544)

ตารางที่ 4-26 ค่าสี L* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยค่าสี L* ± SD			
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน
1 (ตัวควบคุม)	0	18.86 ± 0.07^{aA}	19.96 ± 0.11^{aB}	20.72 ± 0.28^{aC}	21.49 ± 0.25^{aD}
2	1	18.12 ± 0.35^{bA}	19.64 ± 0.11^{abB}	20.46 ± 0.18^{aC}	21.23 ± 0.17^{aD}
3	3	17.24 ± 0.12^{cA}	18.84 ± 0.25^{bB}	19.86 ± 0.24^{bC}	20.84 ± 0.23^{abD}
4	5	16.78 ± 0.28^{cA}	17.98 ± 0.53^{cB}	19.88 ± 0.04^{bC}	20.36 ± 0.33^{bC}

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-27 ค่าสี a* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยค่าสี a* ± SD			
		0 วัน ns	5 วัน ns	10 วัน ns	15 วัน ns
1 (ตัวควบคุม) ns	0	-2.92±0.25	-2.88±0.33	-2.50±0.50	-2.36±0.28
2 ns	1	-2.86±0.27	-2.97±0.11	-2.92±0.25	-2.33±0.50
3 ns	3	-2.78±0.28	-2.87±0.12	-2.34±0.33	-2.21±0.23
4 ns	5	-2.93±0.10	-2.74±0.36	-2.37±0.45	-2.15±0.42

ns คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งและแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4-28 ค่าสี b* ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยค่าสี b* ± SD			
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน
1 (ตัวควบคุม)	0	9.36 ± 0.28^{aA}	10.31 ± 0.06^{aA}	11.86 ± 0.42^{aB}	11.78 ± 0.26^{aB}
2	1	8.83 ± 0.11^{bA}	10.11 ± 0.17^{aA}	11.64 ± 0.05^{aB}	11.36 ± 0.06^{abC}
3	3	8.30 ± 0.15^{bcA}	9.78 ± 0.12^{bB}	10.88 ± 0.14^{bC}	10.95 ± 0.08^{bC}
4	5	8.17 ± 0.17^{cA}	9.68 ± 0.05^{bA}	9.92 ± 0.13^{cA}	10.01 ± 0.21^{cB}

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

(ก) สิ่งทดลองที่ 1 (0 นาที)

(ข) สิ่งทดลองที่ 2 (1 นาที)

(ค) สิ่งทดลองที่ 3 (3 นาที)

(ง) สิ่งทดลองที่ 4 (5 นาที)

ภาพที่ 4-5 ลักษณะของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 วัน เมื่อผ่านการคืนรูปแล้ว (ก) สิ่งทดลองที่ 1 (0 นาที) (ข) สิ่งทดลองที่ 2 (1 นาที) (ค) สิ่งทดลองที่ 3 (3 นาที) และ (ง) สิ่งทดลองที่ 4 (5 นาที)

(ก) สิ่งทดลองที่ 1 (0 นาที)

(ข) สิ่งทดลองที่ 2 (1 นาที)

(ค) สิ่งทดลองที่ 3 (3 นาที)

(ง) สิ่งทดลองที่ 4 (5 นาที)

ภาพที่ 4-6 ลักษณะของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ 15 วัน เมื่อผ่านการคืนรูปแล้ว (ก) สิ่งทดลองที่ 1 (0 นาที) (ข) สิ่งทดลองที่ 2 (1 นาที) (ค) สิ่งทดลองที่ 3 (3 นาที) และ (ง) สิ่งทดลองที่ 4 (5 นาที)

2) การสูญเสียน้ำหนัก

การใช้สภาวะสุญญากาศมีผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีภายในของเซลล์ผักผลไม้เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยทำให้เกิดการสลายตัวของผนังเซลล์ รวมถึงพันธะเคมีภายในเซลล์ของเนื้อเยื่ออาจถูกทำลาย ส่งผลให้ความแข็งแรงของโครงสร้างผนังเซลล์ลดลง เนื้อสัมผัสของผักผลไม้จึงมีโอกาสนิ่มลงเมื่อผ่านการใช้สภาวะสุญญากาศ (Moreno et al., 2004) หากเกิดบาดแผลขึ้นกับเนื้อเยื่อของผักผลไม้หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผนังเซลล์ ซึ่งลดการกีดขวางการผ่านเข้าออกของน้ำจัดเป็นช่องทางหนึ่งที่ทำให้น้ำในเซลล์ผักผลไม้สามารถผ่านเข้าออกได้ง่ายขึ้น ทำให้เกิดโอกาสการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544)

ผลการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-29 พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 5 10 และ 15 วัน ค่าการสูญเสียน้ำหนักของสาหร่ายพวงองุ่นในแต่ละสิ่งทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) สาหร่ายพวงองุ่นที่ไม่ผ่านและผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศที่เวลาต่างๆ มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเมื่อเก็บรักษา 5 10 และ 15 วัน อยู่ในช่วง 0.07-0.10% 0.31-0.32% และ 0.32-0.37% ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศไม่ได้มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักจนสามารถตรวจวิเคราะห์ถึงความแตกต่างได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาวะสุญญากาศที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ไม่รุนแรงมากจนทำให้เซลล์ยุบตัวลงมากจนเกิดบาดแผลที่จะทำให้ของเหลวในเซลล์หรือเนื้อเยื่อสูญเสียจนเกิดการสูญเสียน้ำหนัก ตลอดจนเวลาที่ใช้ในช่วง 1-5 นาที อาจไม่มีผลต่อการทำลายเซลล์มากขึ้นจนเป็นผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักที่แตกต่างกัน

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความรุนแรงของสภาวะสุญญากาศมีหลายประการ โดยส่วนใหญ่หากใช้ระดับความดันสุญญากาศที่รุนแรง และระยะเวลาที่สภาวะสุญญากาศนานขึ้น มักส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์มาก ตัวอย่างเช่น Mata et al. (1999) รายงานว่า การใช้สภาวะสุญญากาศสามารถช่วยการกระตุ้นการแพร่ของสารละลายซูโครสเข้าไปแทนที่อากาศในช่องว่างภายในเซลล์ของมะละกอได้ โดยการใช้สภาวะสุญญากาศส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ที่เป็นรูเปิด ทำให้ซูโครสแพร่เข้าไปได้มากขึ้น และพบว่าหากเพิ่มเวลาที่สภาวะสุญญากาศนานขึ้นจนเกินสภาวะที่เหมาะสม มีผลให้โครงสร้างของเซลล์ยุบตัวลง เป็นการทำลายความแข็งแรงของผนังเซลล์ได้ แม้ว่าการใช้สภาวะสุญญากาศมีผลต่อการทำลายโครงสร้างของเซลล์ได้ แต่การที่นำมาประยุกต์ใช้ในการเคลือบสารที่บริโภคได้ในสภาวะสุญญากาศ กลับเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านการกระจายตัวและการฟอร์มฟิล์มที่มีลักษณะหนาขึ้น จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเคลือบให้ดีขึ้น (Vargas et al., 2009) สำหรับงานวิจัยนี้ระยะเวลาการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ 1-5 นาที จึงมีส่วนช่วยให้เจลว่านหางจระเข้สามารถทำหน้าที่ขวางกั้นการสูญเสียสารละลายต่างๆได้ จึงลดการสูญเสียน้ำหนักของสาหร่ายพวงองุ่นไว้ได้ดีใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บต่อการสูญเสียน้ำหนักของสิ่งทดลองเดียวกัน พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ทุกสิ่งทดลองมีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การที่สาหร่ายพวงองุ่นมีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาสาหร่ายพวงองุ่นยังคงมีการหายใจ และมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมาได้ ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

3) ค่าความแน่นเนื้อ

ค่าความแน่นเนื้อสามารถวัดได้โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer ซึ่งหมายถึงแรงที่สูงที่สุดที่ใช้ในการกดลงบนชิ้นอาหารตามระยะทางที่กำหนด ซึ่งแสดงถึงความแข็งหรือความนุ่มของผลิตภัณฑ์อาหาร ถ้าอาหารที่มีความแข็งมาก แรงที่ใช้ฟันกัดอาหารในครั้งแรกก็จะมีค่ามาก (Alvarez et al., 1995)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแน่นเนื้อของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-30 จากผลการทดลองพบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 วัน (หลังการเตรียมขั้นต้น) ทุกสิ่งทดลองมีค่าความแน่นเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ 1 (ตัวควบคุม) มีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุด 3.46 Kg ในขณะที่สิ่งทดลองที่ 2 3 และ 4 มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 3.22 2.86 และ 2.60 Kg ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการแช่สาหร่ายพวงองุ่นในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นเวลานานขึ้น ทำให้สาหร่ายพวงองุ่นมีค่าความแน่นเนื้อลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากการใช้สภาวะสุญญากาศเป็นการลดความดันอากาศลง ทำให้ผนังเซลล์มีลักษณะมีความเป็นรู (Porosity) มากขึ้น โครงสร้างภายในเซลล์ยุบตัวลง มีผลให้เซลล์มีลักษณะอ่อนนุ่มมากขึ้น (Fito, 1995; Chafer et al., 2003)

เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นตั้งแต่ 5 10 และ 15 วัน พบแนวโน้มค่าความแน่นเนื้อคล้ายกันกับวันที่ 0 กล่าวคือ เมื่อใช้สภาวะสุญญากาศเป็นเวลานานขึ้นทำให้สาหร่ายพวงองุ่นมีความแน่นเนื้อลดลง ($p<0.05$) โดยพบว่าสิ่งทดลองที่ 4 คือ สิ่งทดลองที่ใช้เวลาในการแช่สาหร่ายพวงองุ่นภายใต้สภาวะสุญญากาศ 5 นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่รุนแรงที่สุด ทำให้มีค่าความแน่นเนื้อต่ำที่สุด เนื่องจากมีโอกาสที่เซลล์สูญเสียโครงสร้างได้มากกว่าการใช้เวลาแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นระยะเวลาน้อยกว่า เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บต่อค่าความแน่นเนื้อของสิ่งทดลองเดียวกัน พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ทุกสิ่งทดลองมีค่าความแน่นเนื้อลดลง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4) ปริมาณกรดทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-31 พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 5 10 และ 15 วัน ทุกสิ่งทดลอง มีปริมาณกรดทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) อาจเนื่องมาจากทุกสิ่งทดลองมีการใช้ปริมาณกรดซิตริกที่ผสมในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้เริ่มต้นเท่ากันในระดับความเข้มข้นเพียง 0.5% การใช้หรือไม่ใช้สภาวะสุญญากาศ รวมถึงการใช้ระยะเวลาในการสุญญากาศแตกต่างกัน อาจมีผลต่อการเคลือบติดหรือคงอยู่ของกรดซิตริกที่ผิวสาหร่ายพวงองุ่นในปริมาณน้อย เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บต่อปริมาณกรดทั้งหมดของสิ่งทดลองเดียวกัน พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 วัน (หลังการเตรียมขั้นต้น) มีปริมาณกรดทั้งหมดสูงที่สุด อยู่ในช่วง 0.17-0.18% และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น พบว่ามีปริมาณกรดทั้งหมดลดลง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-29 การสูญเสียน้ำหนักของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก* ± SD (%)			
		0 วัน	5 วัน ^{ns}	10 วัน ^{ns}	15 วัน ^{ns}
1 (ตัวควบคุม)	0	-	0.09 ± 0.02^{A}	0.32 ± 0.02^{B}	0.35 ± 0.02^{B}
2	1	-	0.10 ± 0.02^{A}	0.31 ± 0.02^{B}	0.35 ± 0.02^{B}
3	3	-	0.09 ± 0.01^{A}	0.31 ± 0.03^{B}	0.32 ± 0.01^{B}
4	5	-	0.07 ± 0.01^{A}	0.32 ± 0.02^{B}	0.37 ± 0.03^{B}

^{ns} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ไม่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* คำนวณจากน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงจากที่ระยะเวลาการเก็บ 0 วัน

ตารางที่ 4-30 ค่าความแน่นเนื้อของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อ ± SD (Kg)			
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน
1 (ตัวควบคุม)	0	3.46 ± 0.03^{aA}	3.06 ± 0.02^{aB}	2.98 ± 0.01^{aBC}	2.95 ± 0.06^{aC}
2	1	3.22 ± 0.02^{bA}	2.74 ± 0.10^{bB}	2.58 ± 0.04^{bBC}	2.46 ± 0.09^{bC}
3	3	2.86 ± 0.05^{cA}	2.51 ± 0.13^{bcB}	2.33 ± 0.00^{cBC}	2.13 ± 0.02^{cC}
4	5	2.60 ± 0.08^{dA}	2.35 ± 0.03^{cA}	1.97 ± 0.18^{dB}	1.78 ± 0.03^{dB}

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-31 ปริมาณกรดทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดทั้งหมด ± SD (%)			
		0 วัน ^{ns}	5 วัน ^{ns}	10 วัน ^{ns}	15 วัน ^{ns}
1 (ตัวควบคุม)	0	0.18±0.01^{A}	0.11±0.01^{B}	0.09±0.02^{B}	0.09±0.01^{B}
2	1	0.17±0.01^{A}	0.12±0.00^{B}	0.12±0.01^{B}	0.09±0.00^{C}
3	3	0.17±0.02^{A}	0.12±0.02^{B}	0.11±0.01^{B}	0.11±0.01^{B}
4	5	0.18±0.00^{A}	0.11±0.00^{B}	0.11±0.01^{B}	0.09±0.02^{B}

^{ns} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-32 พบว่าที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 0 5 10 และ 15 วัน ทุกสิ่งทดลองมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการใช้หรือไม่ใช้สภาวะสุญญากาศ รวมถึงระยะเวลาในการสุญญากาศแตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ทั้งนี้ผลการทดลองสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าสี a* ที่พบว่าทุกสิ่งทดลองมีแนวโน้มค่าสี a* ซึ่งแสดงถึงความเป็นสีเขียวไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) เนื่องจากการใช้ความดันสุญญากาศในการเคลือบสาหร่ายพวงองุ่นซึ่งจัดเป็นการให้แรงกลกระทำกับวัตถุ อาจเป็นผลต่อความแข็งแรงของเซลล์ให้มีการยุบตัวลงเท่านั้น แต่ไม่เกิดการสูญเสียสภาพโครงสร้างของรงควัตถุคลอโรฟิลล์ จนทำให้ความเป็นสีเขียวของสาหร่ายพวงองุ่นลดลง

ผลการทดลองสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ณัฐพล กามล และคณะ (2556) ศึกษาผลของการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักกาดขาวปลี โดยแปรระยะเวลาที่ตัวอย่างอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนด 3 ช่วง คือ 20, 25 และ 30 นาที พบว่า ผักกาดขาวปลีที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศและไม่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 วัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) นอกจากนี้ ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักกาดขาวปลีมีค่าค่อนข้างคงที่ ปรัศนีย์ วังหล่อ (2551) พบว่า การลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของบร็อคโคลี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85% เป็นเวลา 6 วัน และฐิติพงศ์ ปัญญาคำ (2554) พบว่าการใช้สภาวะสุญญากาศไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักกาดหวาน เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของสิ่งทดลองเดียวกัน พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 วัน (หลังการเตรียมขึ้นต้น) ทุกสิ่งทดลองมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุด และเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น 5 10 และ 15 วัน พบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้การสูญเสียคลอโรฟิลล์เป็นส่วนหนึ่งของการเปลี่ยนคลอโรพลาสต์ (Chloroplasts) ไปเป็นโครโมพลาสต์ (Chromoplasts) ตามปกติโมเลกุลของคลอโรฟิลล์จะสร้างและสลายตัวอยู่ตลอดเวลา แต่ภายหลังการเก็บเกี่ยวนั้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นกลไกการสลายตัวจะเกิดขึ้นมากกว่าการสร้างคลอโรฟิลล์ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544) ทั้งนี้แม้การทดลองนี้มีการใช้การเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีต่างๆที่อาจเกิดขึ้น เช่น ช่วยลดโอกาสการสัมผัสกับออกซิเจน และช่วยลดการระเหยของน้ำ แต่กลไกการเปลี่ยนคลอโรพลาสต์ไปเป็นโครโมพลาสต์ เป็นการเปลี่ยนแปลงที่มิได้เกิดจากการเร่งของการสัมผัสกับออกซิเจนหรืออยู่ในสภาวะที่มีน้ำ เป็นกลไกที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ การเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้จึงไม่ได้ป้องกันการสลายตัวของคลอโรฟิลล์จากกลไกการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้เมื่อเก็บรักษานานขึ้น

6) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-33 พบว่าเวลาในการแช่สาหร่ายพวงองุ่นภายใต้สภาวะสุญญากาศมีผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ($p<0.05$) โดยพบว่าการใช้เวลาแช่ในสภาวะสุญญากาศเพิ่มขึ้นทำให้สาหร่ายพวงองุ่นมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น ที่เวลาการเก็บรักษา 0 วัน (หลังการเตรียมขั้นต้น) สิ่งทดลองที่ 4 คือสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 3127.43 µg/g ในขณะที่สิ่งทดลองที่ 1 คือสาหร่ายพวงองุ่นที่ไม่ผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดน้อยที่สุด 2180.87 µg/g ($p<0.05$)

การแช่ในสภาวะสุญญากาศ จะทำให้อากาศในช่องว่างระหว่างเซลล์เนื้อเยื่อของพืชถูกขับออกมาในระหว่างการดูดอากาศและหลังจากนั้นเมื่อนำมาแช่ต่อที่สภาวะบรรยากาศ สารละลายภายนอกจะแพร่ผ่านเข้าไปแทนที่อากาศที่ถูกขับออกจากช่องระหว่างเซลล์นั้น ทำให้สารต่างๆ มีโอกาสแพร่เข้าไปในเนื้อเยื่อพืชมากกว่าการแช่ในสภาวะบรรยากาศเพียงอย่างเดียว (Betoret et al., 2003) ดังนั้นการแช่ในสภาวะสุญญากาศนานขึ้นอาจเพิ่มโอกาสให้เจลว่านหางจระเข้สามารถเคลือบติดกับสาหร่ายพวงองุ่นได้มากขึ้น ส่งผลให้สามารถรักษาสารพฤกษเคมีกลุ่มฟีนอลิกเอาไว้ได้ โดยสาหร่ายมีสารประกอบฟีนอลิก เช่น สารประกอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) และเทอร์ปีนอยด์ (Terpenoid) (ปิยภรณ์ บุญฤทธิ์ และนงนุช เลาหะวิสุทธ์, 2556) นอกจากนี้เจลว่านหางจระเข้ก็มีองค์ประกอบของสารประกอบฟีนอลิกด้วย เช่น อะโลอิน (Aloin) อโล-อีโมดิน (Aloe-emodin) คูมิสแตน (Coumestans) และ สติลบีน (Stilbene) (ปิยาภรณ์ ไพศาล และเกียรติศักดิ์ พลสงคราม, 2550) จึงเป็นการเพิ่มปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดให้กับตัวอย่างอีกทางหนึ่ง

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น 5 10 และ 15 วัน พบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสิ่งทดลองเดียวกันมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง สำหรับสิ่งทดลองที่มีการใช้สภาวะสุญญากาศทำให้เซลล์ของสาหร่ายพวงองุ่นยุบตัวลง จึงทำให้เกิดการสัมผัสกันระหว่างออกซิเจนที่มีในภาชนะบรรจุและเซลล์ของสาหร่ายพวงองุ่นได้ง่ายขึ้น ซึ่งอาจมีผลให้เอนไซม์ชนิดต่างๆทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้น แล้วสูญเสียโครงสร้างไปได้ ตัวอย่างเช่น มีผลให้เอนไซมพอลิฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase) สามารถออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอลิกให้เกิดเป็นสารอื่นได้ (ภัทรสุดา นามติ๊บ, 2555) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดจึงมีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้การเก็บรักษานานขึ้นอาจมีโอกาสให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากเจลว่านหางจระเข้สลายตัวไปได้มากขึ้นจากการสัมผัสกับอากาศที่มีในภาชนะบรรจุ รวมถึงเจลว่านหางจระเข้ที่เคลือบอยู่มีโอกาสหลุดออกจากสาหร่ายพวงองุ่นได้มากขึ้น จึงช่วยเพิ่มโอกาสให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บไว้นานขึ้น สำหรับสิ่งทดลองที่ 1 คือ สิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ แต่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดลดลงอย่างต่อเนื่องเช่นกัน ถึงแม้สิ่งทดลองนี้จะไม่ได้ทำให้เซลล์ยุบตัวลงจากสภาวะสุญญากาศก็ตาม การที่มีฟีนอลิกทั้งหมดลดลงนั้นอาจเนื่องมาจากเซลล์ของสาหร่ายยังคงมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีตามธรรมชาติ เช่น กระบวนการหายใจและการสูญเสียน้ำ ซึ่งเอื้อต่อการเพิ่มการเกิดกลไกการสลายตัวของสารพฤกษเคมีพวกสารประกอบฟีนอลิกที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ จากระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544)

ตารางที่ 4-32 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ± SD (µg/g)			
		0 วัน ^{ns}	5 วัน ^{ns}	10 วัน ^{ns}	15 วัน ^{ns}
1 (ตัวควบคุม)	0	190.30±5.90^{A}	156.53±16.94^{B}	123.56±5.03^{C}	119.48±9.02^{C}
2	1	187.06±13.12^{A}	154.69±13.34^{B}	124.44±9.69^{BC}	121.02±9.17^{C}
3	3	183.02±2.88^{A}	155.44±8.32^{B}	117.68±11.04^{C}	112.38±5.52^{C}
4	5	185.30±3.26^{A}	151.26±13.75^{B}	109.45±14.01^{C}	104.24±7.91^{C}

^{ns} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4-33 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ± SD (µg/g)			
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน
1 (ตัวควบคุม)	0	2180.87 ± 226.33^{cA}	1346.84 ± 360.24^{bB}	898.81 ± 92.60^{cBC}	548.76 ± 172.09^{bC}
2	1	2459.82 ± 145.21^{bcA}	1627.98 ± 54.72^{bB}	1527.78 ± 314.27^{bB}	895.84 ± 206.24^{abC}
3	3	2791.40 ± 41.48^{abA}	2321.97 ± 189.40^{aB}	1879.46 ± 56.82^{bC}	1254.46 ± 183.09^{aD}
4	5	3127.43 ± 205.48^{aA}	2659.94 ± 72.98^{aAB}	2495.20 ± 156.38^{aB}	1437.50 ± 265.16^{aC}

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

7) สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

ผลการวิเคราะห์สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-34 จากผลการทดลองพบว่า ที่เวลาการเก็บรักษา 0 วัน (หลังการเตรียมขั้นต้น) การใช้เวลาแช่ในสภาวะสุญญากาศเพิ่มขึ้น ในสิ่งทดลองที่ 2 3 และ 4 คือสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นเวลา 1 3 และ 5 นาที ตามลำดับ ทำให้สาหร่ายพวงองุ่นมีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยมี %inhibition อยู่ในช่วง 44.62-48.52% ในขณะที่สิ่งทดลองที่ 1 คือสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ มีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด โดยมี %inhibition เท่ากับ 40.46% ซึ่งพบว่าผลการวิเคราะห์สอดคล้องกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น 5 10 และ 15 วัน ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระยังคงมีแนวโน้มสอดคล้องสัมพันธ์กัน สิ่งทดลองที่ผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ (สิ่งทดลองที่ 2 3 และ 4) มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ (สิ่งทดลองที่ 1) และมีผลให้สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่า

พิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสิ่งทดลองเดียวกัน เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อ %inhibition เมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นมีแนวโน้ม %inhibition ลดลง และมีแนวโน้มเดียวกันกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเช่นกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chang et al. (2006) ที่พบว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากผล Hawthon (*Crataegus pinnatifida* var. *major*) ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นานขึ้นทำให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระลดลงได้

จากการตรวจเอกสารพบว่าการเคลือบอาหารด้วยสารเคลือบที่บริโภคได้มีผลต่อการช่วยรักษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ แต่อย่างไรก็ตามเกี่ยวข้องกับปัจจัยอื่นด้วย เช่น สภาวะบรรยากาศในภาชนะบรรจุและชนิดของสารเคลือบที่ใช้ ตัวอย่างเช่น Adriano et al. (2009) รายงานว่า การเคลือบแครอทด้วยไคโตซานและเก็บรักษาในสภาวะดัดแปลงบรรยากาศมีผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่ามีปริมาณปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระลดลง ในตัวอย่างที่ใช้สารเคลือบร่วมกับการเก็บภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณปานกลาง ในขณะที่ตัวอย่างที่มีการควบคุมให้มีสภาวะออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณต่ำร่วมกับการเคลือบด้วยไคโตซาน สามารถรักษาคุณภาพและเพิ่มปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในแครอทแท่งระหว่างการเก็บได้ Chauhan et al. (2011) ศึกษาการเคลือบด้วย shellac และเจลว่านหางจระเข้เพื่อรักษาคุณภาพของแอปเปิ้ลแผ่นบาง พบว่าตัวอย่างที่เคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้เพียงอย่างเดียว มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าตัวอย่างที่มีการใช้ shellac ร่วมด้วย ส่วนตัวอย่างที่ไม่ผ่านการเคลือบ (ตัวอย่างควบคุม) พบว่ามีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเริ่มต้นน้อยที่สุด เนื่องจากการเคลือบด้วยเจลว่านหางจระเข้จะเข้าไปเคลือบตรงบริเวณรอยเปิดตามธรรมชาติหรือบาดแผลจากการเก็บเกี่ยว ทำให้ลดโอกาสการออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอลิก อีกทั้งเจลว่านหางจระเข้มีองค์ประกอบของสารประกอบฟีนอลิกด้วย

ตารางที่ 4-34 สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (%inhibition) ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ± SD (%inhibition)			
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน
1 (ตัวควบคุม)	0	40.46 ± 1.33^{bA}	36.66 ± 0.18^{bB}	30.24 ± 0.56^{cC}	22.48 ± 0.37^{bD}
2	1	44.62 ± 0.75^{aA}	40.16 ± 1.10^{aB}	36.26 ± 0.93^{bC}	25.66 ± 0.37^{aD}
3	3	46.64 ± 2.09^{aA}	40.80 ± 0.55^{aB}	39.53 ± 0.37^{aB}	26.72 ± 1.12^{aC}
4	5	48.52 ± 1.33^{aA}	41.52 ± 0.18^{aB}	39.79 ± 1.48^{aB}	27.25 ± 1.12^{aC}

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

8) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-35 ตามเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์เทียบเคียง ได้แก่ ผักผลไม้ตัดแต่ง (พร้อมบริโภค) กำหนดว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 6 log CFU/g (1×10^6 CFU/g) (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) จากผลการทดลองพบว่าที่การเก็บรักษา 0 วัน (หลังการเตรียมขั้นต้น) ทุกสิ่งทดลองมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด อยู่ในช่วง 2.85-3.04 log CFU/g ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้ โดยสิ่งทดลองที่ 4 ซึ่งใช้เวลาในการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศนานที่สุด 5 นาที อาจมีผลทำให้เคลือบสารเคลือบได้มากและหนากว่าตัวอย่างอื่น จึงช่วยลดการเจริญของจุลินทรีย์เริ่มต้นและสิ่งทดลองนี้ใช้สภาวะสุญญากาศนานที่สุด ซึ่งเป็นการดูดอากาศออกจากช่องว่างระหว่างเซลล์ได้มากเนื้อเยื่อเกิดการสูญเสียอากาศออกจากเซลล์อย่างรวดเร็ว เซลล์จึงเกิดการหดตัวหรือมีลักษณะผิดปกติไป อาจส่งผลให้จุลินทรีย์เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ทำลายสปอร์และจุลินทรีย์บางกลุ่มไม่สามารถเจริญเติบโตได้

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ผลการตรวจจุลินทรีย์ทั้งหมดของทุกสิ่งทดลองเมื่อระยะเวลาเก็บรักษา 15 วัน อยู่ในช่วง 3.32-3.46 log CFU/g การที่ตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น เมื่อการเก็บรักษานานขึ้นอาจเนื่องมาจากสภาวะการเก็บเอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิด อย่างไรก็ตามปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นทุกสิ่งทดลองไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน แสดงว่ายังคงมีความปลอดภัยสำหรับการบริโภค

ผลการวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และราของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-36 และ 4-37 ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์เทียบเคียง ได้แก่ ผักและผลไม้ตัดแต่ง (พร้อมบริโภค) กำหนดว่าปริมาณยีสต์ต้องน้อยกว่า 4 log CFU/g (1×10^4 CFU/g) และราต้องน้อยกว่า 2.7 log CFU/g (500 CFU/g) (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553) พบว่าตลอดการเก็บรักษา 15 วัน ทุกสิ่งทดลองตรวจพบปริมาณยีสต์ อยู่ในช่วง 1.78-1.92 est. log CFU/g และตรวจพบปริมาณราน้อยกว่า 1.0 est. log CFU/g ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด จึงแสดงว่ายังคงมีความปลอดภัยสำหรับการบริโภค

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ผลิตภัณฑ์สาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลองยังมีความปลอดภัยสำหรับการบริโภคได้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน โดยการใช้สภาวะสุญญากาศในการเคลือบด้วยเวลานานขึ้นส่งผลให้แนวโน้มปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำที่สุด ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการใช้สภาวะสุญญากาศในการเคลือบโดยใช้เวลานานขึ้นช่วยให้ประสิทธิภาพในการเคลือบดีขึ้น และมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องมาจากสภาวะสุญญากาศช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านการกระจายตัวของสารเคลือบ จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเคลือบให้ดีขึ้น (Vargas et al., 2009) โดยการลดลงของความดันในสภาวะสุญญากาศทำให้โครงสร้างภายในเซลล์ถูกบีบอัดยุบตัวลงและอากาศในช่องว่างระหว่างเซลล์อาจถูกดูดออกมาด้วย เมื่อนำมาแช่ต่อในสภาวะบรรยากาศทำให้เนื้อเยื่อเกิดการคลายตัว สารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้สามารถแพร่เข้าไปสัมผัสกับเซลล์ของสาหร่ายพวงองุ่นได้มากขึ้น (Fito, 1995) Fito & Chiralt (2000) กล่าวว่า การแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซภายในหรือสำหรับส่วนของเหลวภายนอกที่อุดตันในรูเปิดและช่องว่างระหว่างเซลล์ เนื่องจากใน

ระหว่างการแช่ที่สภาวะดังกล่าวจะเกิดกลไกการถ่ายเทมวลสารและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่เรียกว่า Hydrodynamic mechanisms (HDM) เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงความดัน เทคนิคการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศจะช่วยสนับสนุนการแลกเปลี่ยนก๊าซหรือส่วนที่เป็นของเหลวในเนื้อเยื่อ ระหว่างการแช่ด้วยสารเคลือบ นอกจากนี้สารอะโลอิน (Aloin) ที่มีอยู่ในเจลว่านหางจระเข้มีความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้เป็นสารต้านจุลชีพ (Antimicrobial) (จิตตา สาตร์เพ็ชร์, 2551) จึงทำลายเซลล์ของจุลินทรีย์ได้เพิ่มขึ้น เมื่อมีการเคลือบได้มากหรือหนาขึ้น อีกทั้งในสภาวะสุญญากาศทำให้เกิดกลไกการทำลายจุลินทรีย์ จุลินทรีย์เปลี่ยนรูปร่าง ผนังเซลล์ถูกทำลาย นอกจากนี้การใช้กรดร่วมด้วยในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้สามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (Martínez-Romero et al., 2013)

9) การประเมินความสด

การประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับความสดโดยรวม โดยให้คะแนน 0-10 คะแนน ตามความหมายดังนี้ 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว 5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และ 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับความสดโดยรวมของสาหร่ายพวงองุ่นทุกสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 4-38 4-39 4-40 4-41 และ 4-42 ตามลำดับ พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 วัน (หลังการเตรียมขั้นต้น) ทุกสิ่งทดลองได้รับคะแนนการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และการยอมรับความสดโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) อยู่ในช่วง 8.83-9.33 8.00-8.86 และ 8.50-9.00 ตามลำดับ แต่พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับคะแนนการประเมินความสดด้านสีและรสชาติ อยู่ในช่วง 8.33 -9.17 และ 8.00-9.50 ตามลำดับ ซึ่งยังอยู่ในระดับที่ตัวอย่างเป็นที่ยอมรับและมีความสด แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการเคลือบโดยใช้หรือไม่ใช้สภาวะสุญญากาศ รวมถึงการใช้ระยะเวลาในสุญญากาศแตกต่างกัน มีแนวโน้มได้รับคะแนนความสดทุกด้านไม่แตกต่างกัน ยกเว้นด้านสีและรสชาติ

ทั้งนี้ความแตกต่างกันของคะแนนการประเมินความสดด้านสี ($p<0.05$) เนื่องจากสภาวะสุญญากาศทำให้โครงสร้างภายในเซลล์ยุบตัวลง เมื่อใช้เวลาในสุญญากาศเป็นเวลานานขึ้น จึงเพิ่มการสูญเสียสภาพของเซลล์ เมื่อนำสาหร่ายมาคืนรูปเซลล์อาจดูดน้ำกลับได้น้อยลง ทำให้เซลล์ของสาหร่ายเรียงชิดติดกันและมีลักษณะคล้ำลง ส่งผลให้ผู้ทดสอบสามารถแยกแยะความแตกต่างของสีได้ โดยสิ่งทดลองที่ 4 คือ สิ่งทดลองที่ผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นเวลา 5 นาที ได้รับคะแนนการประเมินความสดด้านสีต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าสี L* และค่าสี b* ที่พบว่าสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นเวลามากขึ้น มีแนวโน้มให้ค่าสี L* และค่าสี b* ลดลง ถึงแม้ว่าการใช้หรือไม่ใช้สภาวะสุญญากาศ รวมถึงระยะเวลาในการสุญญากาศแตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดก็ตาม สำหรับความแตกต่างของคะแนนการประเมินความสดด้านรสชาติ ($p<0.05$) อาจเนื่องมาจากสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ร่วมกับสารละลายกรดซิตริก 0.5% มีสภาพเป็นกรด (pH 3.1) ซึ่งทำให้มีรสชาติเปรี้ยว เมื่อนำสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเตรียมขั้นต้นมาคืนรูปอาจจะทำให้ยังคงมีรสชาติเปรี้ยวเหลืออยู่บางส่วน อีกทั้งการใช้ระยะเวลาในการสุญญากาศนานขึ้น ส่งผลให้ไปกระตุ้นการแพร่ของสารเคลือบเข้าไปแทนที่ช่องว่างภายในเซลล์ สิ่ง

ทดลองที่ 3 และ 4 คือสิ่งทดลองที่ผ่านการเคลือบภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นเวลา 3 และ 5 นาที ตามลำดับ มีโอกาสให้สารเคลือบแพร่เข้าหรือเคลือบติดกับสาหร่ายพวงองุ่นมาก จึงได้รับคะแนนการประเมินความสดด้านรสชาติต่ำที่สุด เพราะอาจมีรสชาติเฉพาะของว่านหางจระเข้คงอยู่กับสาหร่ายพวงองุ่นมาก และผู้ทดสอบอาจสัมผัสได้ว่าแตกต่างไปจากสาหร่ายของสดมากกว่าสิ่งทดลองอื่น

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 5 10 และ 15 วัน พบว่าคะแนนการประเมินความสดทุกด้าน ของทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) อาจเนื่องมาจากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เช่น ค่าสี L* a* และ b* การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ที่เกิดขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีความใกล้เคียงกันมาก จึงส่งผลให้ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างได้ละเอียดนัก โดยทุกสิ่งทดลองยังมีคะแนนการประเมินความสดมากกว่า 5 แสดงว่าทุกสิ่งทดลองยังมีความสดเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน

เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคะแนนการประเมินความสดของสิ่งทดลองเดียวกัน พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเป็น 10 และ 15 วัน ทุกสิ่งทดลองได้รับคะแนนการประเมินความสดลดลงอย่างต่อเนื่อง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากระหว่างการเก็บสาหร่ายพวงองุ่นยังคงมีกระบวนการหายใจ และมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีต่างๆ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) การเก็บรักษาไว้นานขึ้นจึงเป็นการสะสมผลได้จากกระบวนการหายใจและปฏิกิริยาทางชีวเคมีเหล่านั้น ซึ่งเป็นผลต่อลักษณะคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นที่มีความสดน้อยลงนั่นเอง

10) การคัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสม

เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การตัดสินที่กำหนดไว้คือ เลือกสิ่งทดลองที่ผ่านเกณฑ์ด้านความปลอดภัยสำหรับการบริโภคตลอดการเก็บรักษา ได้รับคะแนนการยอมรับด้านความสดสูง และมีปริมาณสารพฤกษเคมีคงอยู่ในปริมาณสูง รวมถึงมีแนวโน้มมีการเปลี่ยนแปลงน้อยและสามารถเก็บรักษาได้นาน จากผลการทดลองพิจารณาได้ว่า ทุกสิ่งทดลองผ่านเกณฑ์ด้านความปลอดภัยสำหรับการบริโภคตลอดการเก็บรักษา 15 วัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 6 log CFU/g (1×10^6 CFU/g) ปริมาณยีสต์น้อยกว่า 4 log CFU/g (1×10^4 CFU/g) และปริมาณราน้อยกว่า 2.7 log CFU/g (500 CFU/g) เมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับด้านความสด ยังพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน ทุกสิ่งทดลองได้รับคะแนนการประเมินความสดทุกด้านมากกว่า 5 แสดงว่าทุกสิ่งทดลองยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และทุกสิ่งทดลองได้รับคะแนนการประเมินความสดทุกด้านไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าสิ่งทดลองที่ 4 ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (%inhibition) สูงที่สุด จึงเป็นสิ่งทดลองที่เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 4-35 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ± SD (log CFU/g)			
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน ^{ns}
1 (ตัวควบคุม)	0	3.04±0.04^{cA}	3.12±0.02^{bAB}	3.17±0.04^{bB}	3.44±0.06^{C}
2	1	2.98±0.03^{bcA}	3.11±0.02^{bB}	3.15±0.02^{bB}	3.46±0.01^{C}
3	3	2.91±0.04^{abA}	3.00±0.05^{abAB}	3.12±0.03^{bB}	3.39±0.04^{C}
4	5	2.85±0.05^{aA}	2.95±0.06^{aAB}	2.98±0.04^{aB}	3.32±0.02^{C}

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4-36 ปริมาณยีสต์ของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยปริมาณยีสต์ ± SD (log CFU/g)			
		0 วัน [ns]	5 วัน [ns]	10 วัน [ns]	15 วัน [ns]
1 (ตัวควบคุม) [ns]	0	1.82±0.06	1.84±0.04	1.91±0.01	1.90±0.06
2 [ns]	1	1.80±0.02	1.82±0.06	1.92±0.04	1.92±0.05
3 [ns]	3	1.78±0.12	1.81±0.04	1.89±0.07	1.88±0.07
4 [ns]	5	1.79±0.01	1.80±0.04	1.82±0.06	1.88±0.06

[ns] คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งและแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4-37 ปริมาณราของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยปริมาณรา ± SD (log CFU/g)			
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	15 วัน
1 (ตัวควบคุม)	0	< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.
2	1	< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.
3	3	< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.
4	5	< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.	< 1.0 est.

ตารางที่ 4-38 คะแนนการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏ* ± SD			
		0 วัน ^{ns}	5 วัน ^{ns}	10 วัน ^{ns}	15 วัน ^{ns}
1 (ตัวควบคุม)	0	9.33±0.52^{A}	8.17±0.98^{B}	7.17±0.75^{C}	6.67±0.52^{C}
2	1	8.83±0.75^{A}	8.00±1.41^{AB}	7.00±0.89^{BC}	6.67±0.82^{C}
3	3	8.50±1.05^{A}	8.33±1.21^{B}	6.67±1.50^{B}	6.33±1.21^{B}
4	5	8.67±1.21^{A}	8.00±1.41^{AB}	6.67±1.21^{BC}	6.33±0.52^{C}

^{ns} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* ให้คะแนน 0-10 คะแนน โดย คะแนน 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว คะแนน 5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และคะแนน 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด

ตารางที่ 4-39 คะแนนการประเมินความสดด้านสีของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินความสดด้านสี* ± SD			
		0 วัน	5 วัน ^{ns}	10 วัน ^{ns}	15 วัน ^{ns}
1 (ตัวควบคุม)	0	9.33±0.52^{aA}	8.67±0.82^{A}	7.17±0.98^{B}	6.50±0.55^{B}
2	1	9.17±0.75^{abA}	8.67±1.03^{A}	7.00±0.89^{B}	6.33±0.82^{B}
3	3	8.33±0.81^{bcA}	8.33±0.82^{A}	7.00±0.89^{B}	6.17±0.75^{B}
4	5	7.83±0.98^{cA}	7.67±0.82^{A}	6.83±0.75^{AB}	5.83±0.75^{B}

^{ns} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* ให้คะแนน 0-10 คะแนน โดย คะแนน 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว คะแนน 5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และคะแนน 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด

ตารางที่ 4-40 คะแนนการประเมินความสดด้านกลิ่นของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินความสดด้านกลิ่น* ± SD			
		0 วัน ^{ns}	5 วัน ^{ns}	10 วัน ^{ns}	15 วัน ^{ns}
1 (ตัวควบคุม)	0	8.86±1.21^{A}	8.83±0.75^{A}	6.17±0.75^{B}	6.33±1.37^{B}
2	1	8.00±0.89^{AB}	8.67±1.21^{A}	7.17±1.17^{B}	6.83±1.17^{B}
3	3	8.50±1.05^{AB}	9.00±0.63^{A}	7.00±0.89^{BC}	7.33±1.21^{C}
4	5	8.83±1.17^{A}	8.17±1.17^{A}	6.67±0.82^{B}	6.33±1.21^{B}

^{ns} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

* ให้คะแนน 0-10 คะแนน โดย คะแนน 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว คะแนน 5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และคะแนน 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด

ตารางที่ 4-41 คะแนนการประเมินความสดด้านรสชาติของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินความสดด้านรสชาติ* ± SD			
		0 วัน	5 วัน ^{ns}	10 วัน ^{ns}	15 วัน ^{ns}
1 (ตัวควบคุม)	0	9.50±0.55^{aA}	8.17±0.75^{B}	6.50±0.84^{C}	6.67±0.52^{C}
2	1	8.83±0.98^{abA}	8.50±1.05^{A}	6.83±0.98^{B}	6.83±0.98^{B}
3	3	8.17±0.98^{bA}	7.83±0.98^{A}	7.00±0.89^{A}	7.17±0.98^{A}
4	5	8.00±0.63^{bA}	8.00±0.89^{A}	6.33±0.82^{AB}	7.17±0.75^{B}

^{ns} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

^{a,b,c} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* ให้คะแนน 0-10 คะแนน โดย คะแนน 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว คะแนน 5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และคะแนน 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด

ตารางที่ 4-42 คะแนนการประเมินความสดโดยรวมของสาหร่ายพวงองุ่นที่แปรปัจจัยเวลาของการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

สิ่งทดลองที่	เวลา (นาที)	ค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินความสดโดยรวม* ± SD			
		0 วัน ^{ns}	5 วัน ^{ns}	10 วัน ^{ns}	15 วัน ^{ns}
1 (ตัวควบคุม)	0	9.00±0.89^{A}	8.17±0.98^{A}	7.00±0.89^{B}	6.50±1.05^{B}
2	1	8.50±0.55^{A}	7.83±0.75^{AB}	6.83±0.98^{BC}	6.33±1.03^{C}
3	3	8.83±1.17^{A}	8.83±0.75^{A}	6.67±0.82^{B}	6.17±0.98^{B}
4	5	8.67±1.21^{A}	8.17±1.17^{A}	6.67±0.82^{B}	6.00±1.10^{B}

^{ns} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

^{A,B,C} คือ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* ให้คะแนน 0-10 คะแนน โดย คะแนน 0 หมายถึง ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว คะแนน 5 หมายถึง ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ และคะแนน 10 หมายถึง ตัวอย่างสดมากที่สุด

ตอนที่ 4 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีและความรู้ที่ได้จากการวิจัยสู่ชุมชน

จัดทำเอกสารเผยแพร่ให้ความรู้เชิงเทคนิคในการเก็บรักษาสาหร่ายพวงองุ่นพร้อมบริโภคให้สามารถยืดอายุการเก็บได้ โดยดำเนินการประสานงานส่งมอบให้กับองค์การบริหารส่วนตำบลและหน่วยงานต่างๆ เพื่อเผยแพร่ต่อให้กับผู้สนใจ เช่น กลุ่มวิสาหกิจชุมชน กลุ่มผู้เลี้ยงสาหร่าย เป็นต้น ในจังหวัดตราด และจังหวัดเพชรบุรี ตัวอย่างเอกสารที่ใช้เผยแพร่ความรู้สู่ชุมชนแสดงดังภาพที่ 4-7

ภาพที่ 4-7 ตัวอย่างเอกสารที่ใช้เผยแพร่ความรู้ที่ได้สู่ชุมชน

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1) จากการศึกษาผลของการลวก การใช้ไคโตซานและว่านหางจระเข้ต่อคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา พบว่า การเตรียมขั้นต้นด้วยการลวกและไม่ลวก ร่วมกับการใช้ไคโตซานและว่านหางจระเข้เป็นสารเคลือบ มีผลต่อค่าสี L* a* และ b* ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด การยอมรับความสดด้านลักษณะปรากฏ ด้านสี และด้านกลิ่น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ใช้เจลจากว่านหางจระเข้มีแนวโน้มค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการใช้ไคโตซาน ดังนั้นการใช้เจลจากว่านหางจระเข้เป็นสารเคลือบจึงมีความเหมาะสมที่สุด

2) จากการศึกษาผลของการลวกและความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้ต่อคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา พบว่า การเตรียมขั้นต้นด้วยการลวกและไม่ลวก และความเข้มข้นของกรดซิตริก (0.5 และ 1.0%) มีผลทำให้ค่าสี L* a* และ b* ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และการยอมรับความสดโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าการสูญเสียน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยการใช้กรดซิตริกร่วมด้วยแต่ไม่มีการลวก มีค่าสี L* และ b* เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น ($p<0.05$) และได้รับคะแนนการประเมินความสดด้านลักษณะปรากฏและการยอมรับความสดโดยรวมสูงที่สุด อยู่ในช่วง 5.83-7.00 และ 5.17-6.33 ตามลำดับ ในขณะที่ตลอดระยะเวลาการเก็บ 15 วัน ปริมาณกรดทั้งหมดของสิ่งทดลองกลุ่มที่ใช้กรดซิตริก 1.0% มีค่ามากกว่ากลุ่มที่ใช้กรดซิตริก 0.5% ($p<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามทุกสิ่งทดลองที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ผ่านเกณฑ์ด้านความปลอดภัยสำหรับการบริโภคตลอดการเก็บรักษา 15 วัน โดยสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านการลวกและใช้กรดซิตริกความเข้มข้น 0.5% มีความเหมาะสมที่สุด โดยตลอดการเก็บรักษา 15 วัน มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* และ b* และมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด

3) จากการศึกษาผลของเวลาการแช่ภายใต้สุญญากาศต่อคุณภาพของสาหร่ายพวงองุ่นระหว่างการเก็บรักษา โดยแปรเวลาการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ ได้แก่ 0 1 3 และ 5 นาที พบว่าการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศมีผลทำให้ค่าสี L* และค่าสี b* ค่าความแน่นเนื้อ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าสี a* ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณคลอโรฟิลล์ และการยอมรับความสดโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน ทุกสิ่งทดลองได้รับคะแนนการประเมินความสดมากกว่า 5 แสดงว่าทุกสิ่งทดลองยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ($p\geq0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ผ่านการแช่ภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด อยู่ในช่วง 1437.50-3127.43 μg/g และ 27.25-48.52% ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ประยุกต์ใช้สารเคลือบจากเจลว่านหางจระเข้กับอาหารหรือผักผลไม้พร้อมบริโภคชนิดอื่นๆ
2) แปรรูปสาหร่ายพวงองุ่นเป็นอาหารพร้อมบริโภครูปแบบอื่นเพื่อเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภค

บรรณานุกรม

กษวรรณ ผาพรม. (2552). *การใช้ไคโตซานและ 1-Methylcyclopropene ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2553). *เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร*. วันที่ค้นข้อมูล 27 สิงหาคม 2557**,** เข้าถึงได้จาก http://www.dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/BQSF/File/VARITY

จิตตา สาตร์เพ็ชร์. (2551). *การใช้เจลจากว่านหางจระเข้และ Sucrose fatty acid ester เคลือบผิวชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์เพื่อยืดอายุการเก็บ.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จริงแท้ ศิริพานิช. (2544). *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้* (พิมพ์ครั้งที่ 4). นครปฐม: โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ.

ฐิติพงศ์ ปัญญาคำ. (2554). *คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักกาดหวานที่ผ่านการลดอุณหภูมิโดยใช้ระบบสุญญากาศ*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ณัฐพล กามล, ดนัย บุณยเกียรติ และพิชญา บุญประสม พูลลาภ. (2556). ผลของการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักกาดขาวปลี. *วารสารแก่นเกษตร, 41*(3), 247-256.

ดนัย บุณยเกียรติ. (2536). สารเคลือบผิวที่บริโภคได้. *ข่าวสารชมรมพืชสวนหลังการเก็บเกี่ยว*, *3*(1), 9-10.

ทิพวรรณ ทองสุข. (2553). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและเทคนิคการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผักผลไม้แปรรูป. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 29*(4), 456-469.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2544). *หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น*. กรุงเทพมหานคร: โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์.

นิตยา รัตนาปนนท์. (2549). *เคมีอาหาร* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

นิสราภรณ์ ภักดีพันธ์. (2554). *การเจริญเติบโตและคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายพวงองุ่น.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์การประมง, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปรัศนีย์ วังหล่อ. (2551). *สภาวะที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิเฉียบพลันของบร็อคโคลี่โดยใช้ระบบสุญญากาศและสุญญากาศร่วมกับน้ำ.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปัณรสี สู่ศิริรัตน์ และภัทรา พลับเจริญสุข. (2555). *การใช้สารสกัดหยาบจากเปลือกว่านหางจระเข้เพื่อควบคุมโรคแอนแทรคโนสและโรคขั้วผลเน่าในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เขตอำเภอ*

ปราณบุรีจังหวัดประจวบคีรีขันธ์. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ปิยภรณ์ บุญฤทธิ์ และนงนุช เลาหะวิสุทธ์. (2556). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ในสาหร่ายฉัตร และผลต่อการเจริญเติบโตค่าโลหิตวิทยาของปลาแฟนซีคาร์พ. ใน *การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร,* ปีที่11, 518-527.

ปิยาภรณ์ ไพศาล และเกียรติศักดิ์ พลสงคราม. (2550). *พอลิฟีนอลและความสามารถในการต้านออกซิเดชันของชาเมี่ยงผสมตะไคร้*. โครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยพายัพ.

พัชราภรณ์ วชิรศิริ. (2550). *การสกัดใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้า.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาคหกรรมศาสตร์, มหาลัยเกษตรศาสตร์.

พรชัย ราชตนะพันธุ์, ณิชา เมืองสุวรรณ และสุทธิ์สุดา วานิช. (2550). *ผลของชนิดบรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บรักษาต่ออายุการเก็บรักษาของสาหร่ายเกลียวทองสด*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ภัทรสุดา นามติ๊บ. (2555). *การประยุกต์สนามไฟฟ้ากระตุ้นเป็นจังหวะในกระบวนการทำแห้งแบบออสโมติกของแอปเปิล.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมกระบวนการอาหาร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ภาวดี เมธะดานนท์. (2544). ความรู้เกี่ยวกับไคติน–ไคโตซาน. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะวัสดุแห่งชาติ.

มงคล อินทะหลุก. (2548). *ผลของการเคลือบผิวด้วยวุ้นว่านหางจระเข้ ไคโตซาน และไขคาร์นูบาต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รักษา อิสรคัมภีร์. (2545). *ผลของน้ำสกัดว่านหางจระเข้ร่วมกับไคโตซานต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลมะนาว*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาชีววิทยา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลัดดาวัลย์ คำมะปะนา. (2551). *ผลของเอทธิฟอนและ 1-MCP ต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในผักชีตัดแต่งพร้อมบริโภค.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุพล ตั่นสุวรรณ, มนทกานติ ท้ามติ้น และสันติภาพ แซ่เฮ้า. (2555). *สาหร่ายพวงองุ่น*. วันที่ค้นข้อมูล 7 สิงหาคม 2557**,** เข้าถึงได้จาก http://www.fisheries.go.th/cf-coastal_feed

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. (2549). *ตำราจุลชีววิทยาทางอาหาร.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุวรรณา พิชัยยงค์วงค์ดี. (2544). *ความขม.* กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. (2552). *การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเชิงพานิชย์.* วันที่ค้นข้อมูล 20 สิงหาคม 2557**,** เข้าถึงได้จาก http://www.jobgovern.com/7448

อุษณา พรรษา. (2555). *จุลินทรีย์ในอาหาร.* วันที่ค้นข้อมูล 27 มกราคม 2557, เข้าถึงได้จาก

http://52010214120g013.blogspot.com/2012_05_01_archive.html

Adriano D.N. Simões, J.A. Tudela, A. A., Puschmann,R. & Maria I. G. (2009). Edible coatings containing chitosan and moderate modified atmospheres maintain quality and enhance phytochemicals of carrot sticks. *Postharvest Biology and Technology*, *51*(3), 364-370,

AOAC. (2000). *Official methods of analysis.* Washington, DC: Association of official analytical chemists.

Alvarez, C. A., Aguerre, R., Gomez, R., Vidales, S., Alzamora, S. M., & Gerschenson, L. N. (1995). Air dehydration of strawberries: Effect of blanching and osmotic pretreatments on the kinetics of moisture transport. *Journal of Food Engineering*, *25*, 167-178.

Apiratikul, R., Madacha, V., & Pavasant, P. (2011). Kinetic and mass transfer analyses of metal biosorption by *Caulerpa lentillifera*. *Desalination*, *287*(1-3), 303-311.

BAM. (2001). *Bacteriological Analytical Manual Online Edition 2001(US-FDA), Total Plate Count or Aerobic Chapter 3.*

BAM. (2001). *Bacteriological Analytical Manual Online Edition 2001(US-FDA), Yeast, Mold and Mycotoxins Chapter18.*

Betoret, N., Puente,L., Díaz,M.J., Pagán,M.J., García, M.J., Gras, M.L., Martínez-Monzó, J.& Fito,P. (2003). Development of probiotic-enriched dried fruits by vacuum impregnation, *Journal of Food Engineering*, *56*(2), 273-277,

Benitez, S., Acherandio, I., Sepulcre, F., & Pujola, M. (2013). Aloe vera based edible coatings improve the quality of minimally processed 'Hayward' kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology, 81*, 29-36.

Castello, M. L., Fito, P. J., & Chiralt, A. (2005). Effect of osmotic dehydration and vacuum impregnation on respiration rate of cut strawberries. *LWT- Food Science and Technology*, *39*, 1171-1179.

Chafer, M., Gonzalez-Martinez, C., Fernandez, B., Perez, L., & Chiralt, A. (2003). Effect of blanching and vacuum pulse application on osmotic dehydration of pear. *Food Science and Technology International*, *9*(5), 321-328.

Chang, Q., Zuo, Z., Chow, M. S. S., & Ho, W. K. K. (2006). Effect of storage temperature on phenolics stability in hawthorn (*Crataegus pinnatifida* var. *major*) fruits and a hawthorn drink. *Food Chemistry, 98*, 426-430.

Chauhan, O. P., Raju, P. S., Asha S., & Bawa, A. S. (2011). Shellac and aloe-gel-based surface coatings for maintaining keeping quality of apple slices. *Food Chemistry, 126,* 961-966.

Derossi, A., De Pilli, T., La Penna, M. P., & Seserini, C. (2011). pH reduction and vegetable tissue structure changes of zucchini slices during pulsed vacuum acidification. *LWT-Food science and technology, 44*(9), 1901-1907.

Escobar, M. P., Galindo, G. F., Wadso, L., Najera, J. R., & Sjoholm, I. (2007). Effect of long-term storage and blanching pre-treatments on the osmotic dehydration kinetics of carrots (*Daucus carota L. Nerac*). *Journal of engineering, 81*, 313-317.

Fito, P. (1995). Modelling of vacuum osmotic dehydration of foods. *Journal of food Engineering, 23*, 313-328.

Fito, P., & Chiralt, A. (2000). Vacuum impregnation of plant tissues. In S. M. Alzamora, M. S. Tapia and A. Lopez-Malo (Eds.), *Minimally Processed Fruits and Vegetables* (pp. 189-205). *Gaithersburg*, MD: Aspen Publishers Inc.

Hern´andez-Mu˜noz, P., Almenar, E., Ocio, M. J., & Gavara, R. (2006). Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology, 39*, 247-253.

Jha, S. N., & Prasad, S. (1996). Determination of processing conditions of gorgon nut (Euryale ferox). *Journal of Agricultural Engineering Research, 63*(2), 103-111.

Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2000). *The stability and shelf-lift of food*. Cambridge: Woodhead.

Martínez-Romero, D., Alburquerque, N., Valverde, J. M. Guillen, F., Castillo, S., Valero, D., & Serrano, M. (2006). Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: A new edible coating. *Postharvest Biology and Technology, 39*, 93-100

Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillén, F., Díaz-Mula, H. M., Zapata, P. J., Valero, D., & Serrano, M. (2013). Aloe vera gel coating maintains quality and safety of ready-to-eat pomegranate arils. *Postharvest Biology and Technology, 86,* 107-112.

Mata, M., Perez, F. A., Garcia, H. S., & Tova, B. (1999). อ้างถึงใน เบญจวรรณ เกียรติสิน. (2554). *ผลของการใช้ความดันสุญญากาศต่อการถ่ายเทมวลและคุณภาพของลองกองแช่อิ่มอบแห้งด้วยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชัน.* การค้นคว้าอิสระ, ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Moreno, J., Bugue, G., Velasco, V., Petzold, F., & Tabilo-Munizaga, G. (2004). Osmotic Dehydration and Vacuum Impregnation on Physicochemical Properties of Chilean Papaya (*Carica candamarcensis*). *Journal of Food Science*, *69*(3), 1-5.

Navarro, D., Díaz-Mula, H. M., Guillén, F., Zapata, P. J., Castillo, S., Serrano, M., Valero, D., & Martínez-Romero, D. (2011). Reduction of nectarine decay caused by Rhizopus stolonifer, Botrytis cinerea and Penicillium digitatum with Aloe vera gel alone or with the addition of thymol, *International Journal of Food Microbiology, 151,* 241-246.

Panarese, V., Dejmek, P., Rocculi, P., & Gómez Galindo, F. (2013). Microscopic studies providing insight into the mechanisms of mass transfer in vacuum impregnation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *18*, 169-176

Ratana-arporn D. S., & Chirapart A. L. (2006). Groeth Performance of *Caulerpa lentillifera* (lato) in lowered seawater pH. *Annual Review of Nutrition, 10,* 357-382.

Saencom, S., Chiewchan, N., & DevahastinSakamon, S. (2011). Production of dried ivy gourd sheet as a health snack. *Food and Bioproducts processing, 89*(4), 414-421.

Simoes, A. D. N., Tudela, J. A., Allende, A., Puschmann, R., & Gil, M. I. (2009). Edible coatings containing chitosan and moderate modified atmospheres maintain quality and enhance phytochemical of carrot sticks. *Postharvest Biology and Technology, 51*(3)*,* 364-370.

Toma, T. (1987). อ้างถึงใน นิสราภรณ์ ภักดีพันธ์. (2554). *การเจริญเติบโตและคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายพวงองุ่น.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์การประมง, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Trono, G. C., Jr. & Toma, T. (1993). นิสราภรณ์ ภักดีพันธ์. (2554). *การเจริญเติบโตและคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายพวงองุ่น.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์การประมง, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Valverde, J. M., Valero, D., Martianez-romero, D., Guillean, F. N., Castillo, S., & Serrano, M. (2005). Novel edible coating based on aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. *Food Chemistry*, *53*, 7807-7813.

Vargas, M., Chiralt, A., Albors, A., & Martinez, C. G. (2009). Effect of chitosan-based edible coating applied by vacuum impregnation on quality preservation of fresh-cut carrot. *Postharvest Biology and Technology, 51*, 263-271.

Wolfe, K., Wu, X., & Liu, R. H. (2003). Antioxidant activity of apple peels. *Journal of Agriculture and Food Chemistry, 51*, 609- 614.

Zhu, K. X., Zhou, H. M., & Qian, H. F. (2006). Proteins extracted from defatted wheat germ Nutritional and structural properties. *Cereal Chemistry*, *83*, 69-75.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ก-1 ค่าสี L* a* และ b*

เพื่อเลียนแบบพฤติกรรมการบริโภคจริงของผู้บริโภค จึงมีการเตรียมตัวอย่างโดยนำสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการเก็บรักษาที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ มาคืนรูปด้วยการแช่ในน้ำสะอาด กำหนดอัตราส่วนระหว่างสาหร่ายพวงองุ่นกับน้ำเท่ากับ 1:2 โดยน้ำหนัก แช่เป็นเวลา 5 นาที วางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าสีต่อไป

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดสี (Colorimemter) Hunter LAB รุ่น Minican XP Plus ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. Petri dish พลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร

การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างวางเรียงบน Petri dish จนเต็ม โดยไม่ให้มีช่องว่างระหว่างชิ้นอาหาร แล้วปิดด้วยฝาครอบสีดำ

วิธีการวิเคราะห์

1. ก่อนทำการวัดค่าสีทุกครั้ง ต้องทำการปรับมาตรฐานของเครื่อง (Calibration) โดยการวางหัววัดทาบบนแผ่นสำหรับ Calibrate สีขาวแล้วกดปุ่ม Measure ซึ่งเครื่องวัดสีจะบันทึกข้อมูลค่าสีขาวของแผ่นสำหรับ Calibrate ไว้คือ (x = 0.012, y = 0.234 และ z = 0.122)
2. นำตัวอย่างใส่ภาชนะสำหรับวัดค่าสีโดยใส่ให้เต็มภาชนะไม่ให้มีช่องที่แสงผ่านได้ ขณะวัดตัวอย่างให้ใช้แผ่นสีดำปิดตัวอย่าง
3. ทำการวัดสีของตัวอย่างด้วยระบบ CIE ซึ่งรายงานเป็นค่า L* a* และ b* ซึ่งแสดงความหมายดังนี้
   ค่าสี L* หมายถึง ค่าความสว่าง มีช่วงตั้งแต่ 0 (สีดำ) จนถึง 100 (สีขาว)
   ค่าสี a* หมายถึง ค่าสีเขียว-แดง มีค่าเป็นลบ หมายถึง สีเขียว ถ้ามีค่าเป็นบวก หมายถึง สีแดง
   ค่าสี b* หมายถึง ค่าสีน้ำเงิน-เหลือง มีค่าเป็นลบ หมายถึง สีน้ำเงิน ถ้ามีค่าเป็นบวก หมายถึง สีเหลือง

ก-2 การสูญเสียน้ำหนัก

อุปกรณ์

เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง Sartorius รุ่น BA 211S ประเทศเยอรมนี

วิธีการวิเคราะห์

ชั่งน้ำหนักสาหร่ายพวงองุ่นก่อนและหลังการเก็บรักษา

คำนวณตามสูตร

$$\%\text{การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเก็บรักษา(กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเก็บรักษา(กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเก็บรักษา(กรัม)}} \times 100$$

ก-3 ความแน่นเนื้อ

เพื่อเลียนแบบพฤติกรรมการบริโภคจริงของผู้บริโภค จึงมีการเตรียมตัวอย่างโดยนำสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการเก็บรักษาที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ มาคืนรูปด้วยการแช่ในน้ำสะอาด กำหนดอัตราส่วนระหว่างสาหร่ายพวงองุ่นกับน้ำเท่ากับ 1:2 โดยน้ำหนัก แช่เป็นเวลา 5 นาที วางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าความแน่นเนื้อต่อไป

อุปกรณ์

เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA-XT2) Stable Micro System รุ่น TA-XT2 ประเทศอังกฤษ

การเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์

นำตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นจำนวน 3 ช่อ (ประมาณ 5 กรัม) วางเรียงในแนวเดียวกันลงบนแท่นกด วัดโดยใช้แรงกด (Compression) โดยใช้หัววัดรูปทรงกระบอก (Cylinder probe) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (p/35) กดลงบนตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่นโดยแต่ละสิ่งทดลองจะตรวจวัดจำนวน 5 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยจากแรงที่สูงที่สุด รายงานเป็นค่าความแน่นเนื้อ (Firmness)

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ข-1 ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC., 2000)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง Sartorius รุ่น BA 211S ประเทศเยอรมนี
2. โกร่งบด
3. บิวเรตขนาด 25 มิลลิลิตร
4. ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร
5. ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
6. กระบอกตวงขนาด 10 มิลลิลิตร
7. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1

สารเคมี

1. ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein) บริษัท Labscan ประเทศไทย
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) บริษัท QRëC ประเทศนิวซีแลนด์
3. เอทานอล (Ethanol; CH_3CH_2OH) บริษัท Labscan ประเทศไทย
4. โพแทสเซียมพทาเลต (Potassium phthalate) บริษัท UNIVAR ประเทศนิวซีแลนด์

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลาย NaOH มาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 N (โดยประมาณ) โดยชั่ง NaOH 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จากนั้นนำไป standardize ด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมพาทาเลต

วิธี standardize สารละลาย NaOH ทำโดย

a. ละลาย $KHC_8H_4O_4$ ที่ผ่านการอบแห้งที่ 120 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และทำให้เย็นใน desiccator ปริมาณ 0.6000-0.7000 กรัม ในน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่

b. หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1% ในสารละลาย $KHC_8H_4O_4$ จำนวน 2 หยด

c. นำไปไตเตรตกับสารละลาย NaOH ที่บรรจุอยู่ในบิวเรต จนกระทั่งสารละลายปฏิกิริยาเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อนที่คงตัว โดยทำการไตเตรต 3 ครั้ง บันทึกปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการไตเตรต

$$\text{Normality ของ NaOH} = \frac{\text{จำนวนกรัม } KHC_8H_4O_4 \times 1000}{\text{มิลลิลิตร NaOH} \times 204.229}$$

2. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1%

ละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1 กรัม ในเอธานอล 95% 100 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างสาหร่ายพวงองุ่น 10 กรัม ไปบดให้ละเอียด ใส่ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
2. กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1
3. ปิเปตของเหลวที่กรองได้มา 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด
4. นำไปไตเตรตด้วยสารละลาย NaOH 0.1 N จนถึงจุดยุติ จะได้สารละลายสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไตเตรต ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง
5. คำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมด

คำนวณตามสูตร

$$\%\text{กรดทั้งหมด} = \frac{\text{NaOH (N)} \times \text{Vol.NaOH ที่ใช้ (ml)} \times \text{Vol.made up} \times \text{eq.wt of acid}}{\text{Vol.of sample ที่ใช้ในการไทเทรต (ml)} \times \text{wt.of sampie ที่ใช้ (g)} \times 1000} \times 100$$

ค่า eq. wt of acid หรือน้ำหนักกรัมสมมูลของกรดซิตริก เท่ากับ 64

ข-2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (ดัดแปลงจาก ลัดดาวัลย์ คำมะปะนา, 2551)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง Sartorius รุ่น BA 211S ประเทศเยอรมนี
2. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) Spectrophotometer Genesys รุ่น 5 ประเทศสหรัฐอเมริกา
3. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1
4. กรวยกรอง
5. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 50 มิลลิลิตร

สารเคมี

อะซิโตน (Acetone; C_3H_6O) บริษัท UNIVAR ประเทศนิวซีแลนด์

วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างมาประมาณ 0.5 กรัม บดในอะซิโตนความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร
2. จากนั้นนำไปกรองโดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1
3. เติมอะซิโตนลงไปปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร
4. นำสารที่สกัดได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

5. เปรียบเทียบกับ Blank ที่เป็นอะซิโตนความเข้มข้นร้อยละ 80 โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645 และ 663 นาโนเมตร
6. นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด จากสมการ

C_a (µg/ml of plant extract) = $12.7A_{663} - 2.69A_{645}$

C_b (µg/ml of plant extract) = $22.9A_{645} - 4.68A_{663}$

C_{a+b} (µg/ml of plant extract) = $20.2A_{663} - 8.02A_{645}$

กำหนดให้

A คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากความยาวคลื่น (นาโนเมตร)

C_a คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (µg/ml)

C_b คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (µg/ml)

C_{a+b} คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (µg/ml)

ข-3 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Wolfe et al., 2003)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง Sartorius รุ่น BA 211S ประเทศเยอรมนี
2. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) Spectrophotometer Genesys รุ่น 5 ประเทศสหรัฐอเมริกา
3. เครื่องผสมสาร (Vortex mixer) Heidolph รุ่น REAX 2000 ประเทศเยอรมนี
4. อ่างล้างเครื่องความถี่สูง (Ultrasonic) Crest ประเทศมาเลเซีย
5. เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) Hermle Z326K ประเทศเยอรมนี
6. ปิเปต ชนิด Measuring ขนาด 1 ml
7. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร
8. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1

สารเคมี

1. ฟอลิน ซิโอแคลทู รีเอเจนต์ (Folin-Ciocalteu's reagent) (Garlo ERBA) บริษัท Sigma ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate anhydrous; Na_2CO_3) บริษัท Ajax Finechem ประเทศออสเตรเลีย
3. กรดแกลลิก (Gallic acid; $C_7H_6O_5$) 98% บริษัท Fluka ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
4. เอทานอล (Ethanol; CH_3CH_2OH) บริษัท Labscan ประเทศไทย

การเตรียมสารเคมี

1. เตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 7% โดยชั่งโซเดียมคาร์บอเนต 7 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

2. เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก 0.01 กรัม นำมาละลายด้วยเอทานอลเล็กน้อยและปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

การเตรียมสารสกัดตัวอย่าง

นำตัวอย่างชั่งมาประมาณ 0.1 กรัม ลงในหลอด Centrifuge สกัดด้วยเอทานอลโดยการเติมเอทานอล 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารเป็นเวลา 1 นาที นำเข้าเครื่อง Ultrasonic ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ความเร็วรอบ 3000 rpm เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใสที่ได้ ส่วนตะกอนที่ได้นำมาสกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง นำส่วนใสที่ได้จากการสกัดทั้ง 3 ครั้ง มาปรับปริมาตรด้วยขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร สารสกัดที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (%inhibition)

การทำกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกและน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้นต่างกัน 5 ระดับ คือ 0, 10, 15, 20, 25 และ 35 µg/ml ดังนี้

1. ปิเปตสารละลายกรดแกลลิกแต่ละความเข้มข้นมา 0.125 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายโฟลิน ซิโอแคลทูหลอดละ 1.00 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารเป็นเวลา 3 วินาที และตั้งทิ้งไว้ 6 นาที
3. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 7% 1.25 มิลลิลิตร โดนสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำเงิน และเติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 90 นาที
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง
5. พล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเข้มข้นของกรดแกลลิก (แกน X) และค่าการดูดกลืนแสง (แกน Y) (ทำกราฟมาตรฐาน)

วิธีการวิเคราะห์

1. นำสารสกัดตัวอย่างที่ได้มา 125 ไมโครลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นหลอดละ 500 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง
2. จากนั้นเติมสารละลายโฟลิน ซิโอแคลทูหลอดละ 125 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสาร เป็นเวลา 3 วินาที และตั้งทิ้งไว้ 6 นาที
3. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 7% 1250 ไมโครลิตร โดยสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำเงิน และเติมน้ำกลั่น 1000 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 90 นาที
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

5. คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดได้จากการแทนค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการวัดตัวอย่าง (ค่า Y) ในสมการเส้นตรงที่ได้ จะได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในรูปกรดแกลลิก (ค่า X) จากนั้นนำมาคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ข-4 สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (%Inhibition) (ดัดแปลงจาก Zhu et al, 2006)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง Sartorius รุ่น BA 211S ประเทศเยอรมนี
2. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) Spectrophotometer Genesys รุ่น 5 ประเทศสหรัฐอเมริกา
3. เครื่องผสมสาร (Vortex mixer) Heidolph รุ่น REAX 2000 ประเทศเยอรมนี
4. ปิเปต ชนิด Measuring ขนาด 1 ml
5. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร
6. หลอดทดลอง

สารเคมี

1. เอทานอล (Ethanol: CH_3CH_2OH) บริษัท Labscan ประเทศไทย
2. ดีพีพีเอช (2-diphenyl-1picrylhydrazyl: $C_{18}H_{12}N_5O_6$) 90% บริษัท Sigma ประเทศสหรัฐอเมริกา

การเตรียมสารเคมี

เตรียมสาร DPPH ทันทีก่อนใช้ให้มีความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมล ปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร โดยชั่ง DPPH 0.004 กรัม ละลายในเอทานอล 95% แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยเอทานอล เก็บในภาชนะปิดสนิทป้องกันแสงจนกว่าจะนำมาวิเคราะห์

วิธีการวิเคราะห์

1. ใช้สารสกัดตัวอย่างที่เตรียมได้เหมือนกับที่วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปิเปตสารสกัดตัวอย่าง 3 มิลลิลิตร
2. ผสมกับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมล 1 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ในที่มืดประมาณ 30 นาที สำหรับตัวอย่าง Blank ทำเช่นเดียวกันแต่ใช้เอทานอล 95% แทนสารสกัดตัวอย่าง
3. นำหลอดทดลองที่เป็นสารละลายตัวอย่างและ Blank ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

คำนวณตามสูตร

$$\% \text{ Inhibition} = [(A0 - A1) / A0] \times 100$$

กำหนดให้ A0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ Blank
A1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

ค-1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2001)

อุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อสำเร็จรูป Compact Dry TC
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง Sartorius รุ่น BA 211S ประเทศเยอรมนี
3. เครื่องตีผสม (Stomacher) รุ่น 400 Lab blender, Seward, ประเทศอังกฤษ
4. ตู้บ่มเพาะเชื้อ
5. ปิเปตปลอดเชื้อขนาด 1 มิลลิลิตร
6. ถุง Stomacher

สารเคมี

สารละลายเปปโตน ความเข้มข้น 0.1% บริษัท Scharlau ประเทศสเปน

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนัก 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกปลอดเชื้อ และเติมสารละลายเปปโตนความเข้มข้น 0.1% จำนวน 225 มิลลิลิตร ลงในถุงตัวอย่างนำไปทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง Stomacher เป็นเวลา 1 นาที จะได้ตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 10^{-1} และทำให้เจือจางเป็น 10^{-2} และ 10^{-3} ตามลำดับ อย่างละ 2 ซ้ำ
2. ปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงบนแผ่น Compact Dry TC บริเวณกลางเพลท
3. บ่มแผ่น Compact Dry TC ที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
4. ตรวจหาจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยนับโคโลนีสีแดงที่เจริญขึ้นบน Compact Dry TC

คำนวณตามสูตร

โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (cfu/g) = n×df

กำหนด n คือ จำนวนโคโลนีเฉลี่ยที่เจือจางต่ำที่สุด

df คือ Dilution Factor หรือ ส่วนกลับของความเจือจางของตัวอย่างที่นำมาเพาะเชื้อที่หาค่า n ได้

การตรวจนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์

1. กรณีที่จำนวนเชื้อจุลินทรีย์เจริญอยู่ในช่วง 30-300 โคโลนีต่อจานเพาะเชื้อ

1.1 ถ้าจานเพาะเชื้อทั้ง 2 จาน จากตัวอย่างที่ทำให้เจือจาง (Dilution) ระดับเดียวกันมีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี ให้นำจำนวนจุลินทรีย์ทั้ง 2 จาน มาหาค่าเฉลี่ยแล้วคำนวณตามสูตร

1.2 ถ้าจานเพาะเชื้อจานใดจานหนึ่งจากตัวอย่างที่ทำให้เจือจางระดับเดียวกันมีจำนวนโคโลนีน้อยกว่า 30 หรือมากกว่า 300 โคโลนี นับจำนวนจุลินทรีย์ทั้ง 2 จาน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วคำนวณตามสูตร

1.3 ถ้ามีตัวอย่างที่ทำให้เจือจาง 2 ระดับ ที่ติดกันมีจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้ออยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี ให้นับจำนวนจุลินทรีย์ ทั้ง 2 ระดับ แล้วนำค่าที่นับได้ของแต่ละระดับ แล้วนำค่าที่นับได้ของแต่ละระดับคูณแล้วคำนวณตามสูตร เช่น เดียวกับข้อ 1.1 หาอัตราส่วนความแตกต่างของค่าที่สูงต่อค่าที่ต่ำ ถ้าไม่เกิน 2 เท่า แล้วนำค่าที่ได้จากทั้ง 2 ระดับที่เจือจางมาหา แต่ถ้าเกินให้รายงานค่าที่ได้ต่ำกว่า

2. กรณีที่ไม่มีเชื้อจุลินทรีย์เจริญอยู่ในช่วง 30-300 โคโลนีต่อจานเพาะเชื้อ แต่ยังสามารถนับได้ทั้งหมด ถ้ามีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์มากกว่า 300 โคโลนี เลือกรายงานผลค่าที่ใกล้เคียง 300 โดยรายงานว่าเป็นค่าประมาณ (est.)

3. กรณีที่ทุกจานเพาะเชื้อมีจำนวนเชื้อน้อยกว่า 30 โคโลนีต่อจานเพาะเชื้อ ให้รายงานผลเป็นค่าจริงที่นับได้จากการทำให้เจือจ่างที่ต่ำที่สุด (เข้มข้นที่สุด) และรายงานว่าเป็นค่าประมาณ (est.)

4. กรณีที่ทุกจานเพาะเชื้อไม่มีโคโลนีเจริญเลย ให้รายงานผลเป็น ค่าน้อยกว่า (<) ค่าของการทำให้เจือจางที่ต่ำที่สุด และรายงานว่าเป็นค่าประมาณ (est.)

5. กรณีที่จำนวนเชื้อจุลินทรีย์เจริญมากกว่า 300 โคโลนีต่อจานเพาะเชื้อ

5.1 ถ้าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญในระดับการทำให้เจือจางสูงสุดมีมากกว่า 10 โคโลนีต่อตารางเซนติเมตร แต่ประมาณจำนวนด้วยสายตาแล้วสามารถที่จะนับได้ ให้นับจำนวนจากพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพียง 4 ตารางเซนติเมตร หาค่าเฉลี่ยต่อตารางเซนติเมตร แล้วคูณด้วยจำนวนพื้นที่ของจานเพาะเชื้อทั้งหมด (พื้นที่มาตรฐานของการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์เป็นพื้นที่ 20 ตารางเซนติเมตร) โดยที่ระดับการทำให้เจือจางที่ต่ำกว่านั้นให้รายงานผลเป็น Too Numerous To Count หรือ TNTC

5.2 ถ้าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่นับมีค่าเกิน 100 โคโลนีต่อตารางเซนติเมตร ให้รายงานผล เป็นค่ามากกว่า (>) พื้นที่ของจานเพาะเชื้อคูณด้วย 100 คูณด้วยค่าแฟกเตอร์การทำให้เจือจางที่สูงที่สุด ซึ่งก็คือ 5,600 เท่าของค่าการทำให้เจือจางที่สูงที่สุดและรายงานว่าเป็นค่าประมาณ (est.)

ค-2 ปริมาณยีสต์และรา (BAM, 2001)

อุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อสำเร็จรูป Compact Dry YM
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง Sartorius รุ่น BA 211S ประเทศเยอรมนี
3. เครื่องตีผสม (Stomacher) (รุ่น 400 Lab blender, Seward, ประเทศอังกฤษ)
4. ตู้บ่มเพาะเชื้อ
5. ปิเปตปลอดเชื้อขนาด 1 มิลลิลิตร
6. ถุง Stomacher

สารเคมี

สารละลายเปปโตน ความเข้มข้น 0.1% บริษัท Scharlau ประเทศสเปน

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนัก 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกปลอดเชื้อ และเติมสารละลายเปปโตนความเข้มข้น 0.1% จำนวน 225 มิลลิลิตร ลงในถุงตัวอย่างนำไปทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง Stomacher เป็นเวลา 1 นาที จะได้ตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 10^{-1} และทำให้เจือจางเป็น 10^{-2} และ 10^{-3} ตามลำดับ อย่างละ 2 ซ้ำ
2. ปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงบนแผ่น Compact Dry YM บริเวณกลางเพลท
3. บ่มแผ่น Compact Dry YM ที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง
4. ตรวจหายีสต์และรา โดยนับโคโลนีสีน้ำเงินของยีสต์และนับกลุ่มของเชื้อรา โดยสังเกตจากลักษณะเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ที่อัดกันแน่น รายงานผลการตรวจนับว่ามีปริมาณยีสต์และราใช้วิธีการตรวจนับเช่นเดียวกับการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

ภาคผนวก ง

การประเมินคุณภาพทางประสามสัมผัส

ง-1 การประเมินความสด (ดัดแปลงจาก Martínez-Romero et al., 2013)

เพื่อเลียนแบบพฤติกรรมการบริโภคจริงของผู้บริโภค จึงมีการเตรียมตัวอย่างโดยนำสาหร่ายพวงองุ่นที่ผ่านการเก็บรักษาที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ มาคืนรูปด้วยการแช่ในน้ำสะอาด กำหนดอัตราส่วนระหว่างสาหร่ายพวงองุ่นกับน้ำเท่ากับ 1:2 โดยน้ำหนัก แช่เป็นเวลา 5 นาที วางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำมาประเมินทางประสาทสัมผัส

การประเมินทางประสาทสัมผัสเพื่อเปรียบเทียบความสดของสาหร่ายพวงองุ่น โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 6 คน ซึ่งเป็นผู้ที่คุ้นเคยกับการบริโภคสาหร่ายและมีพื้นฐานความรู้เรื่องการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบจะต้องประเมินความสดของสาหร่ายพวงองุ่นภายในห้องสำหรับทดสอบทางประสาทสัมผัส ทำโดยการสังเกตความสดของสาหร่ายพวงองุ่นด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับความสดโดยรวม ตัวอย่างจะถูกเสิร์ฟแบบสุ่ม ระหว่างที่ทำการประเมินผู้ชิมจะต้องล้างปากด้วยน้ำเปล่าที่อุณหภูมิห้องระหว่างที่ชิมตัวอย่าง

คำแนะนำ : กรุณาประเมินความสดของสาหร่ายพวงองุ่น ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับความสดโดยรวม โดยให้คะแนนตั้งแต่ 0-10 คะแนน ตามความหมายดังนี้

0	หมายถึง	ตัวอย่างเน่าเสียแล้ว
5	หมายถึง	ตัวอย่างยังเป็นที่ยอมรับ
10	หมายถึง	ตัวอย่างสดมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....	.....
การยอมรับความสดโดยรวม	.....	.....	.....	.....	.....